

Análise de indicadores de produtividade de circuitos de recolha selectiva de RSU com diferentes características operacionais

Cristina Maria Bravo Gomes

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária

Orientadora: Professora Doutora Maria da Graça Madeira Martinho

Lisboa

Outubro 2009

À minha avó Ana com muitas saudades

AGRADECIMENTOS

O meu primeiro agradecimento não poderia deixar de ser para a minha orientadora de tese, a Prof.^a Doutora Graça Martinho, pela sua paciência e perseverança e pelas suas sugestões e orientações. Sem o seu constante apoio, a realização deste trabalho não teria sido possível.

Quero agradecer a toda a equipa dos SMAS de Loures, ao Eng.º Vincenzo Piepoli, à Eng.^a Filomena Vítor, à Eng.^a Catarina Almeida, bem como a todos os restantes técnicos, responsáveis, motoristas e cantoneiros das equipas dos circuitos dos SMAS de Loures, pela cedência de informações e apoio logístico indispensável à realização deste trabalho. Graças a estas pessoas este estudo desenvolveu-se naturalmente, pois nunca me foi colocado qualquer tipo de obstáculo ou restrição, sempre tive total liberdade para circular em qualquer área ou espaço dos serviços.

À equipa da HPEM de Sintra, em particular ao Eng.º Pedro Tavares Rodrigues e à Eng.^a Susana Rodrigues, e aos motoristas do circuito de Sintra, pelo igual apoio, liberdade e ajuda que me proporcionaram durante este estudo.

À Rita Moreira, colega de curso e amiga, que me ajudou e acompanhou ao longo deste trabalho e me fez acreditar que o conseguia acabar.

Um agradecimento, às minhas colegas de curso, Susana Ferreira, Ana Rita Ferreira e Vânia Coucello, que me acompanharam nas tardes de trabalho e compreenderam os meus momentos de *stress*.

A todos os meus amigos que me incentivaram a finalizar este trabalho, em particular à Filipa Santos, pela amizade, à Rita Brilhante, pela força e boa disposição, e à Susana António, pela compreensão e paciência para aturar os meus maus momentos.

Aos meus pais, sogros e sobrinhos, que esperam ansiosamente por melhores dias de convívio. Obrigada pelo apoio e força que me deram.

E finalmente ao Ricardo, pelo amor e carinho, e pela força e apoio que me deu sempre.

SUMÁRIO

A nova Directiva Quadro de Resíduos, Directiva n.º 2008/98/CE, reforça a hierarquia de prioridades em termos de gestão de resíduos: prevenção, preparação para a reutilização, reciclagem, outros tipos de valorização (e.g. valorização energética) e, por último, a eliminação.

Assim sendo importa promover sistemas integrados de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU). Estes englobam uma série de operações e processos, nomeadamente operações de recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos, incluindo a monitorização dos locais de descarga após o encerramento das respectivas instalações, bem como o planeamento dessas operações.

A componente de recolha e transporte assume uma especial importância, devido principalmente ao facto de ser uma das componentes mais dispendiosas do sistema, logisticamente complexa, vulnerável aos comportamentos dos produtores e que funciona como imagem do sistema perante os utentes.

Por esta razão, torna-se importante realizar a aferição do desempenho dos sistemas de recolha de RSU, recorrendo a um conjunto de indicadores, sendo assim possível identificar os factores que poderão interferir na sua produtividade e nos custos envolvidos.

Este estudo teve por objectivos, por um lado, determinar indicadores operacionais e de produtividade de circuitos de recolha selectiva de RSU e, por outro lado, avaliar a influência que determinadas variáveis operacionais poderão ter na produtividade desses circuitos, nomeadamente o tipo de material a recolher e o tipo de sistema de remoção contentor/viatura.

Desta forma realizaram-se campanhas de monitorização em treze circuitos de recolha, doze do Concelho de Loures e um do Concelho de Sintra, para medição dos parâmetros necessários ao cálculo dos indicadores seleccionados para caracterizar os circuitos e para avaliar a influência das variáveis operacionais.

Os resultados obtidos da monitorização de 652 pontos de recolha com diferentes tipos de contentores, quer em número, quer em capacidade, bem como a análise de 112 folhas de registo dos circuitos, permitiram a determinação de indicadores típicos de circuitos de recolha selectiva de RSU, como os tempos e as distâncias médias por circuito, decompostos nas suas componentes unitárias, e a determinação de indicadores de produtividade como, por exemplo, os que relacionam as quantidades recolhidas por distância percorrida.

Permitiu ainda testar o efeito que o tipo de material a recolher e o tipo de sistema de remoção contentor/viatura tem como potenciais influenciadores na produtividade dos circuitos. De uma forma geral, os resultados apontam para a influência destas variáveis no desempenho dos sistemas de recolha selectiva de RSU.

Os resultados obtidos poderão dar um contributo importante aos técnicos que realizam projectos de recolha, servindo igualmente como referência para estudos semelhantes que se venham a realizar sobre análise de circuitos e indicadores de recolha selectiva de RSU.

SUMMARY

The new Waste Framework Directive, Directive No. 2008/98/EC, reinforces the hierarchy of priorities in terms of waste management: prevention, preparation for reuse, recycling, other types of recovery (*eg.* energy recovery) and finally the elimination.

Therefore is important to promote integrated management of municipal solid waste (MSW). These include a series of operations and processes, including collection operations, transportation, storage, treatment, recovery and disposal, including monitoring of disposal sites after closure of their premises and the planning of these operations.

The component collection and transport is of particular importance, mainly due to the fact that is one of the components of the system more expensive, logistically complex, vulnerable to the behavior of producers and acts as an image of the system before the users.

For this reason, it is important to carry out benchmarking of the collection of MSW, using a set of indicators, making it possible to identify factors that may interfere with your productivity and the costs involved.

This study aims, first, to determine operational indicators and productivity of circuits for the separate collection of MSW and, secondly, to evaluate the influence of certain variables may have on the operational productivity of such systems, particularly the type of material to be collected and the type of removal system container/vehicle.

Thus took place monitoring campaigns in thirteen collection circuits, twelve of County of Loures and one of the County of Sintra, to measure parameters needed to calculate the selected indicators to characterize the circuits and to evaluate the influence of operating variables.

The results of the monitoring of 652 points for the collection with different types of containers, either in number or in capacity, as well as analysis of 112 sheets of registration of circuits, enabled the determination of indicators typical of circuits for the collection of mixed MSW, as the times and distances averages per circuit, broken down into its component parts unit, and the determination of indicators of productivity, such as those that relate the amounts collected by distance travelled.

It has also tested the effect of the two variables selected as potential influence of productivity of the circuits. Overall, the results point to the influence of these variables on the performance of systems for the separate collection of MSW.

The results may give an important contribution to the technicians who perform collection projects, serving also as a reference point for similar studies that will be held on circuit analysis and indicators for the separate collection of MSW.

SIMBOLOGIA E ANOTAÇÕES

DL – Decreto-Lei

DQR – Directiva Quadro dos Resíduos

FCT/UNL – Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade Nova de Lisboa

HPEM – Higiene Pública E.M.

ISO – International Standard Organisation

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SIGRE - Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagem

SIGREM – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens e Medicamentos

SMAS – Serviços Municipalizados

SPV – Sociedade Ponto Verde

VALORFITO – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens de Produtos Fitofarmacêuticos

ÍNDICE DE MATÉRIAS

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento e Relevância do Tema	1
1.2 Objectivos	3
1.3 Metodologia geral	4
1.4 Organização da tese	5
2. REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1 Enquadramento legal aplicável à gestão de resíduos de embalagens	7
2.2 Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens.....	10
2.3 Sistema de recolha e transporte de RSU	13
2.3.1 Tipologias de sistemas de recolha de RSU	13
2.3.2 Recolha selectiva de RSU.....	16
2.3.3 Variáveis que influenciam a produtividade dos circuitos de recolha selectiva de RSU	20
2.4 Análise de circuitos.....	25
2.4.1 Conceitos e importância	25
2.4.2 Indicadores operacionais e de produtividade dos circuitos	28
3. METODOLOGIA	35
3.1 Objectivos e hipóteses	35
3.2 Selecção, definição e cálculo dos indicadores.....	36
3.3 Planeamento experimental.....	39
3.3.1 Selecção dos casos de estudo e dos circuitos a monitorizar.....	39
3.3.2 Design experimental e características dos circuitos seleccionados	40
3.3.3 Planeamento e cronograma	54
3.4 Procedimentos	57
3.5 Tratamento dos dados recolhidos.....	61
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	63
4.1 Nota prévia	63

4.2	Indicadores operacionais obtidos para os circuitos analisados	64
4.2.1	Capacidade instalada	64
4.2.2	Quantidade média de RSU recolhidos por dia de recolha	67
4.2.3	Consumo médio de combustível por circuito	70
4.2.4	Tempo/distância total do circuito	72
4.2.5	Tempo/distância efectiva de recolha	75
4.2.6	Tempo médio de recolha por ponto de recolha.....	77
4.2.7	Tempo/distância de transporte.....	81
4.2.8	Número médio de fretes realizado por circuito.....	82
4.2.9	Tempo/distância no local de deposição	83
4.2.10	Tempo/Distância da garagem e para a garagem	85
4.2.11	Síntese dos indicadores relativos ao tempo gasto por circuito	86
4.3	Influência das variáveis operacionais nos indicadores de produtividade dos circuitos analisados.....	88
4.3.1	Tipo de material a recolher	88
4.3.2	Tipo de sistema de remoção contentor/viatura	89
5.	CONCLUSÕES.....	97
5.1	Síntese conclusiva.....	97
5.2	Limitações e linhas futuras de pesquisa	101
6.	BIBLIOGRAFIA	103
	ANEXOS.....	107
	ANEXO I.....	109
	Apresentação do estudo aos SMAS de Loures	109
	ANEXO II	115
	Folha de Registo da equipa FCT/UNL para os SMAS de Loures.....	115
	ANEXO III	119
	Folha de Serviço dos SMAS de Loures.....	119
	ANEXO IV.....	123
	Folha de Registo da equipa da FCT/UNL para a HPEM de Sintra	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Campanhas publicitárias de sensibilização ambiental e prevenção do Cancro da Mama	11
Figura 2.2. Agentes económicos que pertencem ao SIGRE.	12
Figura 2.3. Símbolo Ponto Verde.	12
Figura 2.4. Contentores de pequena capacidade, de 120 L e 240 L.	21
Figura 2.5. Contentor de média capacidade, de 1100 L.	22
Figura 2.6. Contentores de grande capacidade: contentor de 2400 L (à esquerda) e cylcea de 2500 L (à direita).	23
Figura 2.7. Sequência de operações de recolha de contentores estacionários.	27
Figura 3.1. Circuito 320 de recolha lateral em Sintra.	41
Figura 3.2. Circuito BBP03, bifluxo, de recolha porta-a-porta em Loures.	44
Figura 3.3. Circuito BBP09, bifluxo, de recolha porta-a-porta em Loures.	45
Figura 3.4. Circuito VEG01 de recolha colectiva de vidro em Loures.	47
Figura 3.5. Circuito EAP01 de recolha porta-a-porta de embalagens em Loures.	49
Figura 3.6. Circuito EEG06 de recolha colectiva de embalagens em Loures.	50
Figura 3.7. Circuito PEG09 de recolha colectiva de papel/cartão em Loures.	53
Figura 3.8. Garagem de Sete Casas, Loures.	58
Figura 3.9. Acompanhamento dos circuitos dentro das viaturas de recolha.	59
Figura 3.10. Equipa da FCT/UNL, acompanhada dos motoristas e cantoneiros do turno da noite, na Garagem do Fanqueiro.	59
Figura 3.11. Acompanhamento do circuito 320 de Sintra.	60
Figura 4.1. Valores estatísticos relativos à capacidade de contentorização dos circuitos analisados.	66
Figura 4.2. Valores estatísticos relativos à capacidade de contentorização dos circuitos analisados classificados por tipo de material.	67
Figura 4.3. Quantidade média de RSU recolhidos por circuito e por dia de recolha.	67
Figura 4.4. Tempos médios totais de recolha por circuito.	72
Figura 4.5. Relação entre o número de horas de trabalho por turno e o tempo médio total de recolha do circuito, para cada um dos circuitos.	73
Figura 4.6. Distâncias médias totais percorridas por circuito.	74
Figura 4.7. Tempo e distâncias médias totais percorridas nos circuitos BBP03 e BBP09 por tipo de material.	75
Figura 4.8. Comparação dos tempos efectivos de recolha.	75

Figura 4.9. Comparação das distâncias efectivas de recolha.	76
Figura 4.10. Comparação do tempo e distâncias efectivas de recolha nos circuitos BBP03 e BBP09 por tipo de material.	77
Figura 4.11. Tempos médios, em minutos, de recolha por ponto de paragem, em função do número de contentores para os circuitos.	80
Figura 4.12. Comparação entre os tempos de transporte dos circuitos em estudo.	81
Figura 4.13. Comparação entre as distâncias de transporte dos circuitos em estudo.	82
Figura 4.14. Número médio de fretes por circuito.	83
Figura 4.15. Comparação dos tempos no local de deposição.....	84
Figura 4.16. Comparação das distâncias no local de deposição.	84
Figura 4.17. Comparação dos tempos da garagem e para a garagem, entre todos os circuitos.	85
Figura 4.18. Comparação entre todos os circuitos, das distâncias da garagem e para a garagem..	86
Figura 4.19 – Síntese da análise dos tempos por circuito e respectivos valores médios.	87
Figura 4.20. Indicadores de quantidade de resíduos recolhidos nos circuitos seleccionados para o objectivo 2.1.	89
Figura 4.21. Indicadores de quantidade de resíduos recolhidos nos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de vidro.	91
Figura 4.22. Indicadores de quantidade de resíduos recolhidos nos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de embalagens.	93
Figura 4.23. Indicadores de quantidade de resíduos recolhidos nos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de papel/cartão.	95

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Indicadores de circuitos de resíduos.	30
Quadro 2.2. Indicadores obtidos para os circuitos de RSU de Lisboa.	31
Quadro 2.3. Indicadores de produtividade dos circuitos seleccionados.....	32
Quadro 2.4. Tempos médios (mm:ss) obtidos por ponto de recolha em função do número de contentores.....	33
Quadro 3.1. Indicadores operacionais dos circuitos	36
Quadro 3.2. Indicadores de produtividade dos circuitos	38
Quadro 3.3. Características dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.1.....	40
Quadro 3.4. Circuitos seleccionados para o objectivo 2.2.	42
Quadro 3.5. Características dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 relativamente à recolha de vidro.....	43
Quadro 3.6. Características dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 relativamente recolha de embalagens.	48
Quadro 3.7. Características dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 relativamente recolha de papel.	51
Quadro 3.8. Cronograma apresentado aos SMAS de Loures para a monitorização dos circuitos de Loures.....	55
Quadro 3.9. Cronograma das monitorizações efectuadas nos circuitos de Loures.	56
Quadro 3.10. Cronograma das monitorizações efectuadas nos circuitos de Sintra	57
Quadro 3.11. Número monitorizações efectuadas em cada um dos circuitos seleccionados.....	57
Quadro 4.1. Número de pontos de recolha monitorizados e número de folhas de registo dos circuitos analisadas.	63
Quadro 4.2. Capacidade de contentorização instalada nos circuitos monitorizados.	64
Quadro 4.3. Tipo de contentores instalados nos circuitos monitorizados.	65
Quadro 4.4. Factor de utilização dos contentores existentes em cada um dos circuitos.	69
Quadro 4.5. Consumo médio de combustível por circuito	71
Quadro 4.6. Nº de horas de trabalho por turno de cada um dos circuitos seleccionados.....	73
Quadro 4.7. Tempos médios obtidos por ponto de recolha em função do número de contentores para a recolha de vidro.	78
Quadro 4.8. Tempos médios obtidos por ponto de recolha em função do número de contentores para a recolha de embalagens.	78
Quadro 4.9. Tempos médios (mm:ss) obtidos por ponto de recolha em função do número de contentores para a recolha de papel/cartão.	79

Quadro 4.10. Funções que relacionam o número de contentores existentes por ponto de recolha com o tempo médio de recolha por ponto de recolha	80
Quadro 4.11. Indicadores de produtividade dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.1.	88
Quadro 4.12. Indicadores de produtividade dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de vidro.	90
Quadro 4.13. Indicadores de produtividade dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de embalagens.....	92
Quadro 4.14. Indicadores de produtividade dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de papel/cartão.	94

ANEXOS

ANEXO I. Apresentação do estudo aos SMAS de Loures	109
ANEXO III. Folha de Registo da equipa FCT/UNL para os SMAS de Loures	115
ANEXO IIII. Folha de Serviço dos SMAS de Loures	119
ANEXO IV. Folha de Registo da equipa da FCT/UNL para a HPEM de Sintra	123

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E RELEVÂNCIA DO TEMA

A sustentabilidade é uma das preocupações actuais das agendas políticas nacionais e internacionais, e o ambiente tem-se tornado um dos temas mais debatidos pelos governos, organizações não governamentais e pela sociedade. A diminuição dos recursos naturais e o aumento progressivo da produção de resíduos faz com que as pessoas, tomem cada vez mais consciência do problema a que leva o consumo excessivo na sobrevivência da espécie humana.

O aumento excessivo da geração de resíduos fez com que surgisse a necessidade de definir objectivos e estratégias para garantir a preservação dos recursos naturais e a minimização dos impactes negativos no ambiente.

Desta forma, a recente Directiva Quadro dos Resíduos, a Directiva n.º 2008/98/CE, reforça a hierarquia de prioridades em termos de gestão de resíduos, estabelecendo a seguinte ordem: prevenção, preparação para a prevenção, reciclagem (*i.e.* material e orgânica), outros tipos de valorização (*e.g.* valorização energética) e, por último, a eliminação. Esta estabelece ainda um regime de recolha selectiva até 2015, pelo menos para os seguintes materiais: papel, metal, plástico e vidro, e uma meta até 2020 para a preparação para a reutilização e a reciclagem, de pelo menos papel, metal, plástico e vidro domésticos, de no mínimo de 50 % em peso.

Esta Directiva ainda não foi transposta para o ordenamento jurídico português, o que quando se verificar implicará que o Estado Português adopte novas metas em termos recolhas selectivas e de reciclagem de resíduos urbanos.

De acordo com as prioridades estabelecidas pela Directiva acima citada, importa promover sistemas integrados de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU). Estes englobam uma série de operações e processos, nomeadamente operações de recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos, incluindo a monitorização dos locais de descarga após o encerramento das respectivas instalações, bem como o planeamento dessas operações.

De entre estas operações e processos, a componente de recolha e transporte assume uma especial relevância, devido essencialmente ao facto de ser uma das componentes mais dispendiosas do sistema de gestão de RSU, pois envolve muitos equipamentos, viaturas e pessoal, podendo representar entre 50% a 70% dos custos totais do sistema de gestão de RSU (Tchobanoglous *et al.*, 1997).

A recolha e o transporte de RSU constituem uma dispendiosa mas indispensável etapa na gestão dos resíduos, pois asseguram a salubridade dos meios urbanos, através da rápida remoção dos resíduos do local onde são produzidos para uma infra-estrutura de transferência, valorização, tratamento ou destino final adequado.

Esta é também uma das componentes mais importantes para a imagem do serviço de gestão de RSU, uma vez que funciona como ligação entre o sistema e os utentes sendo através dela que estes avaliam a gestão dos RSU e criam a sua imagem do serviço.

O modo de recolha dos resíduos, o tipo de material a recolher, o tipo de sistema de remoção contentor/viatura, a frequência e horário de recolha, tem consequências a vários níveis, nomeadamente nas demais componentes do sistema, e nas atitudes e conduta dos utentes.

A introdução de recolhas selectivas em grandes meios urbanos e as exigências relativamente à qualidade do serviço prestado impõem actualmente a adopção de estratégias de recolha integrada que alcancem: uma boa coordenação entre a recolha indiferenciada e a selectiva; fornecer níveis de serviço local apropriados; atingir os custos mais baixos; ser flexíveis para as necessidades de mudança; contribuir para as políticas de redução dos RSU (Martinho e Gonçalves, 2000).

Por estas razões, deve-se proceder à avaliação de circuitos de recolha selectiva de RSU, através da determinação de indicadores de desempenho operacional, de produtividade e de custos, para que com o auxílio de ferramentas de optimização seja possível adoptar sistemas de recolha e delinear percursos que resultem na redução de custos e impactes negativos provenientes do consumo de combustível por parte das viaturas.

Para isso é necessário dispor-se de conhecimentos sobre as características da população, da estrutura urbana, das quantidades e características dos RSU produzidos na área a intervir e das opções técnicas e operacionais alternativas (Martinho, 2005a).

A importância dos indicadores de desempenho vai para além do acima descrito. De facto, os indicadores de desempenho auxiliam na avaliação de desempenho ambiental das organizações, como processo de gestão interna das mesmas, permitindo fornecer informações comparativas de prestações passadas e futuras.

Para além do mais, os indicadores estabelecem variáveis que transmitem informação sobre o estado e/ou tendência dos atributos (qualidade, características, propriedades) de um dado sistema, sendo ainda utilizados em processos de decisão, por força da informação deles resultante, a nível de problemas ambientais e grau de gravidade. Acresce que destes indicadores a informação obtida quanto a problemas ambientais e aferição do nível de gravidade, permite o desenvolvimento de políticas, a identificação

dos factores críticos que originam problemas ambientais e a promoção da monitorização da eficácia das políticas adoptadas.

Refira-se ainda que a monitorização e a avaliação dos sistemas de recolha de RSU são indispensáveis para a análise macro-circuito, ou seja, análise das várias distâncias e tempos que compõem um circuito e através da qual se consegue avaliar se os circuitos estão equilibrados em termos de tempos de ocupação das equipas de recolha.

Existem poucos trabalhos técnico-científicos a nível nacional e internacional, no que respeita a indicadores operacionais e de produtividade de circuitos de recolha de RSU, que permitam servir como referenciais para projectos de recolha, análises de benchmarking de sistemas de recolha de RSU.

Tal implica que haja um esforço acrescido no trabalho de investigação e pesquisa nesta área, incidindo sobre a realidade nacional e estudos comparativos com as diferentes realidades de outros países cuja periodicidade de recolha de RSU seja mais elevada e significativa a nível de complexidade e custos.

1.2 OBJECTIVOS

Este trabalho tem como principal objectivo a determinação de indicadores de circuitos de recolha selectiva de RSU, que possibilitem efectuar análises comparativas entre circuitos e possam servir para a elaboração de novos projectos de recolha.

Destes indicadores será possível retirar informação sobre a operação de recolha e transporte de resíduos recicláveis, permitindo identificar os aspectos positivos e negativos dos sistemas de recolha implementados, assim como proceder à correcção de problemas e à optimização de situações menos produtivas.

Simultaneamente pretendeu-se com este estudo avaliar a influência que determinadas variáveis operacionais têm na produtividade dos circuitos, nomeadamente o tipo de material a recolher e o tipo de sistema de remoção contentor/viatura. Os resultados desta avaliação poderão ajudar na tomada de decisões quanto à selecção do sistema de recolha mais apropriado para um determinado local.

1.3 METODOLOGIA GERAL

De forma a atingir os objectivos propostos, o trabalho foi estruturado nas seguintes seis etapas:

- **Fase 1 – Revisão bibliográfica**

Nesta fase fez-se uma pesquisa bibliográfica sobre assuntos relevantes ao tema, nomeadamente a legislação aplicável aos resíduos de embalagens, o sistema integrado de gestão de resíduos de embalagens, os sistemas de recolha selectiva de RSU, os aspectos teóricos e práticos da análise de circuitos, indicadores de eficiência e variáveis determinantes para a produtividade dos circuitos. Fez-se ainda uma pesquisa sobre alguns casos de estudo, internacionais e nacionais, relacionados com a análise de circuitos.

- **Fase 2 – Selecção dos indicadores de desempenho dos circuitos e das variáveis operacionais a analisar**

Para o cumprimento dos objectivos propostos, seleccionou-se um conjunto de indicadores de desempenho operacional e de produtividade dos sistemas de recolha selectiva de RSU e as variáveis operacionais a testar para avaliar a sua influência na produtividade dos circuitos.

- **Fase 3 – Selecção dos casos de estudo.**

Esta fase envolveu vários contactos e reuniões com os responsáveis e técnicos dos SMAS de Loures e da HPEM de Sintra, tendo em vista a selecção dos circuitos a monitorizar em função dos indicadores e das variáveis definidas no ponto anterior, bem como o planeamento de toda a logística necessária à realização de campanhas de monitorização dos circuitos seleccionados.

- **Fase 4 – Campanhas de monitorização.**

Foram realizadas monitorizações aos circuitos seleccionados para medição e recolha dos dados necessários para o cálculo dos indicadores operacionais e de produtividade definidos na fase 2.

- **Fase 5 – Tratamento e análise dos resultados.**

Esta fase consistiu no tratamento e análise dos dados recolhidos na fase anterior e na confrontação das hipóteses formuladas para este estudo.

- **Fase 6 – Redacção da dissertação**

1.4 ORGANIZAÇÃO DA TESE

O presente dissertação encontra-se estruturada em sete grandes capítulos. No primeiro capítulo faz-se uma breve introdução do tema em estudo, onde é referida a relevância da análise de sistemas de recolha selectiva e transporte de RSU. São ainda referidos os objectivos do estudo, bem como a metodologia geral adoptada e a organização da dissertação.

O segundo capítulo corresponde à revisão da literatura, em que são abordados os temas relevantes para o estudo, como a legislação aplicável à questão, os sistemas de recolha selectiva de RSU e a análise de circuitos. Distinguem-se ainda casos de estudo sobre análise de circuitos, internacionais e nacionais.

No terceiro capítulo apresenta-se a metodologia adoptada para alcançar os objectivos propostos, especificando-se os objectivos e as hipóteses a testar, os indicadores e os circuitos seleccionados, o planeamento e o design experimental, os procedimentos seguidos nas campanhas de monitorização e o tratamento dos resultados.

O quarto capítulo consiste na apresentação da análise e discussão dos resultados obtidos da monitorização efectuada aos circuitos seleccionados, bem como a avaliação dos factores que influenciam a produtividade dos circuitos.

No quinto capítulo faz-se uma síntese conclusiva, e indicam-se algumas limitações do estudo e recomendações relevantes.

As referências bibliográficas consultadas, que serviram de apoio teórico ao estudo, encontram-se no capítulo sexto, remetendo-se os anexos para o capítulo sete.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ENQUADRAMENTO LEGAL APLICÁVEL À GESTÃO DE RESÍDUOS DE EMBALAGENS

No que respeita ao enquadramento legal aplicável aos resíduos de embalagens urbanas há salientar que esta matéria tem sido objecto de diversas intervenções legislativas de âmbito comunitário e nacional.

Começando por delimitar o próprio conceito de resíduos, destaca-se o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, no qual se define como resíduo “(...) quaisquer substâncias ou objectos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer”.

Mais se delimita no diploma legal acima citado o conceito de resíduos urbanos (RSU), os quais consistem em “(...) resíduos provenientes de habitações, bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações”.

No que respeita à definição de resíduos de embalagens urbanas, a União Europeia publicou a Directiva n.º 94/62/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro, relativa à gestão de embalagens e resíduos de embalagens, aplicável a todas as embalagens colocadas no mercado na Comunidade Europeia e a todos os resíduos de embalagens, quer sejam utilizadas ou rejeitadas como refugo pelas indústrias, estabelecimentos comerciais, escritórios, oficinas, serviços, agregados familiares ou outras entidades a qualquer outro nível e independentemente dos materiais que as constituem.

Esta Directiva foi transposta para o ordenamento jurídico interno pelo Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de Dezembro, entretanto alterado pelo Decreto-Lei 162/2000, de 27 de Julho.

É no Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de Dezembro, com as alterações legislativas posteriores, que se consagra a definição de embalagem e de resíduos de embalagens.

Com efeito, o seu artigo 2.º, define-se os conceitos de embalagem e resíduos de embalagens. Por embalagem entende-se todos e quaisquer produtos feitos de materiais de qualquer natureza utilizados para conter, proteger, movimentar, manusear, entregar e apresentar mercadorias, tanto matérias-primas como produtos transformados, desde o produtor ao utilizador ou consumidor, incluindo todos os artigos “descartáveis” utilizados para os mesmos fins, sem prejuízo do disposto na definição de resíduos de embalagem. São resíduos de embalagem, quaisquer embalagens ou materiais de embalagens abrangidos pela definição de resíduo adoptada na legislação em vigor aplicável nesta matéria, excluindo os resíduos de produção.

O artigo 4.º do referido diploma consagração o princípio da co-responsabilidade dos operadores económicos pela gestão das embalagens e resíduos de embalagens, aos quais é dada a opção em submeter a gestão das suas embalagens e resíduos de embalagens a um sistema de consignação ou a um sistema integrado.

No que respeita às regras de funcionamento dos sistemas de consignação, aplicáveis às embalagens reutilizáveis e não reutilizáveis, bem como do sistema integrado aplicável às embalagens não reutilizáveis, os mesmos encontram-se previstos nos artigos 5º e 9º do Decreto-Lei n.º 366-A/97, de 20 de Dezembro.

Os sistemas de consignação, aplicáveis às embalagens reutilizáveis e não reutilizáveis, foram objecto de regulamentação pela Portaria n.º 29-B/98, de 15 de Janeiro (que revogou a Portaria nº 313/96, de 29 de Julho).

Em 2004 a Directiva n.º 94/62/CE foi alterada pela Directiva n.º 2004/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de Fevereiro. Nesta nova Directiva esclarecem-se os conceitos de embalagem e de resíduos de embalagens, e especificam-se novos objectivos e metas de valorização e reciclagem para cada material específico, a atingir pelos Estados-Membros.

Concretamente em relação às metas de valorização e reciclagem, foram estabelecidos os seguintes valores a serem cumpridas pelos Estados Membros até ao final de 2011:

- a valorização de no mínimo 60% do peso total dos resíduos de embalagens colocadas no mercado;
- a reciclagem de no mínimo 55% e no máximo 80% em peso dos resíduos de embalagens;
- alcançar os objectivos mínimos de reciclagem para cada um dos seguintes resíduos de embalagens: 60% em peso para o vidro, 60% em peso para o papel e cartão, 50% em peso para os metais, 22,5% em peso para os plásticos, exclusivamente por reciclagem mecânica e/ou química, e 15% em peso para a madeira.

Esta nova Directiva de embalagens foi transposta através do Decreto-Lei nº 92/2006, de 25 de Maio, que alterou o Decreto-Lei nº 366-A/97, de 20 de Dezembro, anteriormente já alterado pelo Decreto-Lei nº 162/2000 de 27 de Julho.

Um outro documento legislativo de grande importância para a gestão dos resíduos de embalagens é a recente Directiva Quadro dos Resíduos (DQR), a Directiva n.º 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, relativa aos resíduos e que revoga as Directivas n.º 75/439/CEE, n.º 91/689/CE, n.º 2006/12/CE. Com efeitos a partir de 12 de Dezembro de 2010, esta nova DQR ainda não foi transposta para o ordenamento jurídico português.

A Directiva n.º 2008/98/CE reforça a hierarquia de prioridades definidas para a gestão de resíduos, introduzindo contudo um novo conceito, o da “preparação para a reutilização”. Deste modo, a hierarquia para a ser a seguinte: prevenção, preparação para a reutilização, reciclagem (incluindo a compostagem), valorização energética e, por último, o depósito.

Mais prevê uma distinção, fundamental para o aproveitamento dos recursos, entre subprodutos e resíduos, e também clarifica o momento em que um resíduo deixa de ser considerado como tal.

Nos termos do artigo 11.º da Directiva n.º 2008/98/CE, é estabelecido um **regime de recolha selectiva até 2015**, pelo menos para os seguintes materiais: **papel, metal, plástico e vidro**.

Para cumprir os objectivos da Directiva e avançar rumo a uma sociedade europeia da reciclagem, dotada de um elevado nível de eficiência dos recursos, os Estados-Membros devem tomar as medidas necessárias para assegurar os seguintes objectivos:

- a. **Até 2020**, a preparação para a reutilização e a reciclagem de resíduos como, pelo menos, **papel, metal, plástico e vidro domésticos**, e possivelmente com outra origem desde que esses fluxos de resíduos sejam semelhantes aos resíduos domésticos, sofrem um **aumento mínimo global de 50 % em peso**;
- b. **Até 2020**, a preparação para a **reutilização, reciclagem e valorização de outros materiais**, incluindo operações de enchimento utilizando resíduos como substituto de outros materiais, de resíduos de construção e demolição não perigosos, com exclusão de materiais naturais definidos na categoria 17 05 04 da lista de resíduos, sofrem um **aumento mínimo de 70 % em peso**.

Esta Directiva torna-se assim mais exigente em termos de metas a cumprir para os Estados-Membros, uma vez que estas assentam no conjunto dos resíduos e não apenas nos resíduos de embalagem.

2.2 SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE EMBALAGENS

Nos termos definidos na legislação nacional, os responsáveis pela colocação de embalagens no mercado nacional podem decidir em submeter as suas embalagens a um sistema de consignação, para embalagens reutilizáveis e não reutilizáveis, ou a um sistema integrado, apenas aplicável a embalagens não reutilizáveis.

Actualmente, no Estado Português, prestam serviços no âmbito dos sistemas integrados para a gestão de embalagens e resíduos de embalagens não reutilizáveis, as seguintes entidades gestoras: a SOCIEDADE PONTO VERDE (SPV), responsável pelo SIGRE ⁽¹⁾, a VALORMED, responsável pela gestão do SIGREM ⁽²⁾ e a SIGERU, responsável pela gestão do sistema denominado VALORFITO ⁽³⁾ (Martinho, 2005a).

Em Novembro de 1996, foi constituída a Sociedade Ponto Verde, S.A., pelos Ministérios das Actividades Económicas e do Trabalho e do Ambiente e do Ordenamento do Território, tendo a licença sido prorrogada pelo Despacho Conjunto n.º 98/2004, de 26 de Fevereiro. Esta sociedade assume a forma jurídica de entidade privada sem fins lucrativos, tendo por finalidade actuar como entidade gestora do SIGRE.

No que respeita à missão da SPV, esta visa a promoção da recolha selectiva, da retoma e da reciclagem de resíduos de embalagens, a nível nacional (SPV, 2009a).

Até 2005, o objectivo fundamental da SPV era viabilizar a reciclagem de um mínimo de 25% das embalagens não-reutilizáveis comercializadas em Portugal, com um mínimo de 15% para cada tipo de material de embalagem (*i.e.* plástico, aço e alumínio, vidro, papel/cartão e madeira), em consonância com as obrigações estabelecidas pela Directiva Comunitária 94/62/CE, nomeadamente (SPV, 2009a):

- Valorizar um mínimo de 50% do peso total de resíduos de embalagens não-reutilizáveis; reciclar no mínimo 25% desse peso total;
- Reciclar um mínimo de 15% para cada tipo de material.

Depois de atingidos esses objectivos, Portugal iniciou um desafio ainda maior, pelo que até 2011 o compromisso da SPV, em concordância com a nova Directiva de embalagens, é o seguinte (SPV, 2009a):

- Valorizar 60 % do peso total dos resíduos de embalagens colocadas no mercado;
- Reciclar um mínimo de 55 % desses resíduos;

¹ SIGRE – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens

² SIGREM – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens e Medicamentos

³ VALORFITO – Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens de Produtos Farmacêuticos

- Reciclar um mínimo de:
 - 60 % de vidro;
 - 60 % de papel/cartão;
 - 50 % de metal;
 - 22,5 % de plástico;
 - 15 % de madeira.

A SPV tem-se revelado um forte aliado em campanhas que juntam a sensibilização ambiental com questões sociais, conforme aliás se tem constatado em diversas campanhas publicitárias de sensibilização ambiental e prevenção do Cancro da Mama (Figura 2.1), contribuindo assim para uma mais introdução imediata e eficaz de mensagens ambientais e sociais (SPV, 2009b).

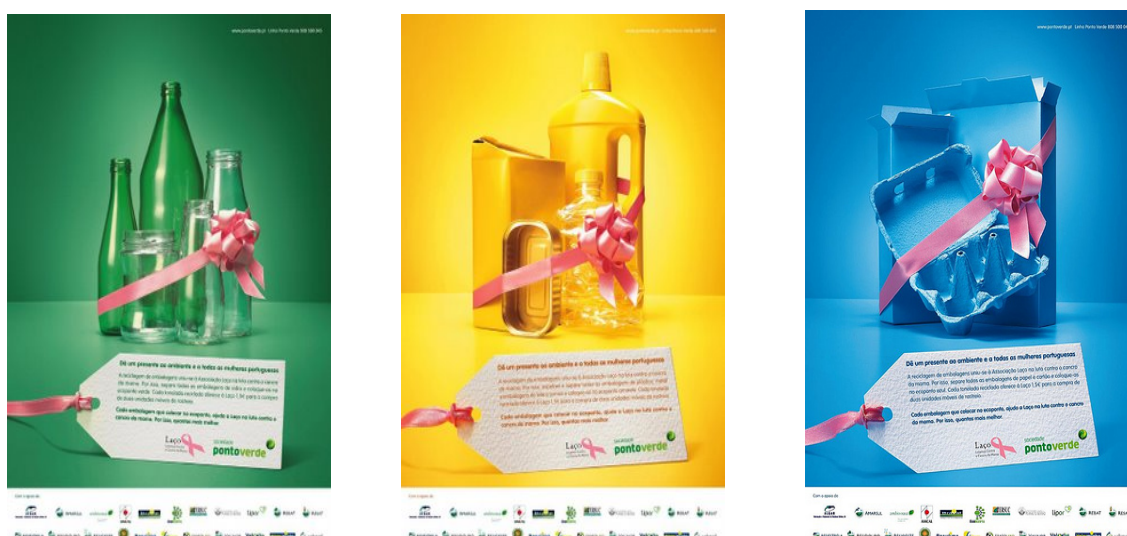


Figura 2.1. Campanhas publicitárias de sensibilização ambiental e prevenção do Cancro da Mama (SPV, 2009b).

No âmbito da área de actuação da SPV, foi criado o Sistema Integrado de Gestão de Resíduos de Embalagens (SIGRE), de forma a dar cumprimento às suas obrigações ambientais e legais, através da organização e gestão de um circuito que garante a retoma, valorização e reciclagem de resíduos de embalagens não-reutilizáveis.

O SIGRE, vulgarmente designado por **Sistema Ponto Verde**, assenta numa articulação de responsabilidades e processos entre um conjunto de parceiros e tem por objectivo

valorizar e reciclar resíduos de embalagens contribuindo para a economia de recursos naturais e a diminuição do volume de resíduos depositados em aterro (SPV, 2009c).



Figura 2.2. Agentes económicos que pertencem ao SIGRE (SPV, 2009c).

Conforme resulta do esquema acima descrito, os embaladores/importadores pagam o Valor Ponto Verde pelas embalagens que colocam no mercado, transferindo para a SPV a responsabilidade pela gestão e destino final das embalagens que comercializam quando estas se transformam em resíduos (SPV, 2009c).

Relativamente às embalagens não-reutilizáveis, estas apenas podem ser comercializadas se abrangidas pelo sistema (SPV, 2009c). Nas embalagens aderentes ao SIGRE é possível encontrar o Símbolo Ponto Verde (Figura 2.3).



Figura 2.3. Símbolo Ponto Verde.

Em casa, o consumidor final separa as embalagens usadas por tipo de material, colocando-as em recipientes próprios (ecopontos, ecocentros e/ou sacos e cestos), disponibilizados pelas autarquias para o efeito (SPV, 2009c).

As autarquias e outros operadores efectuam a recolha selectiva e a triagem das embalagens usadas por tipo de material, disponibilizando estes resíduos à SPV, que os encaminha para valorização e reciclagem. Quando integrados no SIGRE, os operadores de recolha beneficiam de apoio técnico e financeiro da SPV (SPV, 2009c).

Os fabricantes de embalagens e materiais de embalagem asseguram a retoma dos resíduos separados, garantindo a sua valorização ou reciclagem (SPV, 2009c).

De forma resumida, as responsabilidades da SPV no SIGRE são as seguintes (SPV, 2009d):

- Prestar apoio às Municípios e Freguesias com programas de recolha selectiva e triagem de embalagens não-reutilizáveis;
- Assegurar a retoma, valorização e reciclagem dos resíduos triados, através de vínculos contratuais que possui com os Fabricantes de Embalagens e de Materiais de Embalagem (papel/cartão, vidro, plástico, madeira, aço e alumínio);
- Assumir a gestão e destino final dos resíduos em que se transformam, após consumo, as embalagens não reutilizáveis colocadas no mercado nacional pelos embaladores e importadores;
- Garantir junto dos distribuidores que as embalagens não-reutilizáveis estão abrangidas por um SIGRE;
- Promover a sensibilização e educação ambiental junto dos consumidores;
- Apoiar programas de investigação que fomentem o desenvolvimento do mercado de produtos e materiais reciclados.

2.3 SISTEMA DE RECOLHA E TRANSPORTE DE RSU

2.3.1 Tipologias de sistemas de recolha de RSU

Num sistema de gestão de resíduos, e segundo o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, as operações de gestão de resíduos compreendem toda e qualquer operação de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos. Neste mesmo diploma a recolha é definida como a operação de apanha, selectiva ou indiferenciada, de triagem e ou mistura de resíduos com vista ao seu transporte, sendo o transporte definido como a operação de transferir os resíduos de um local para outro.

O sistema de recolha e transporte de RSU pode ser dividido nas seguintes três componentes (Tchobanoglous *et al.*, 1997; Bilitewski *et al.*, 1996; Karagiannidis and Moussiopoulou, 1999):

- A deposição, ou seja, o conjunto de operações envolvendo a armazenagem domiciliária de RSU, e a sua colocação em recipientes, em condições de serem removidos;
- A recolha, operação efectuada por pessoal e equipamento especialmente adequado para esse fim, mediante a transferência dos RSU, incluindo ou não os recipientes, para as viaturas de recolha;
- O transporte dos RSU pelas viaturas de recolha, desde o último ponto do circuito de recolha até ao seu local de deposição (*e.g.* uma estação de transferência, centro de triagem, compostagem, incineradora ou aterro sanitário).

O tipo de recolha, a frequência e horário de recolha e o tipo de equipamento de deposição a aplicar num projecto de um sistema de recolha e transporte de RSU, tem que ter em conta diversos factores, como o volume e tipo de resíduos a recolher, a densidade populacional, o tipo de habitação e de urbanização e as características funcionais da área a servir (*i.e.* moradias, habitações de alto porte, zonas históricas, etc).

É possível classificar os sistemas de recolha de RSU segundo diferentes critérios, designadamente: **o tipo de resíduos a recolher; o tipo de entidade recolhadora; o local de recolha; a frequência e horário da recolha.**

Relativamente ao tipo de resíduos recolhidos, a recolha é regularmente classificada em três tipos (Martinho e Gonçalves, 2000):

- **Recolha indiferenciada** (*i.e.* todos os resíduos misturados num único recipiente);
- **Recolha selectiva** (*i.e.* os resíduos são separados na fonte e apresentados à recolha por fileiras ou fluxos);
- **Recolha especial** (*i.e.* recolhas mais esporádicas e relacionadas a acontecimentos específicos, por exemplo, recolha de restos de jardins, recolha de monos, limpeza de praias, limpeza de mercados e feiras, entre outros).

Relativamente à recolha selectiva, objecto deste estudo, tem como principal objectivo separar na fonte uma ou mais categorias de resíduos, seguida ou não de uma separação em estações de triagem (Martinho, 2005a). Para implementar este tipo de recolha é necessário efectuar acções de sensibilização à população em questão, uma vez que implica uma mudança de hábitos por parte da mesma. Este tipo de recolha pode realizar-

se por substituição à recolha indiferenciada ou por adição, isto é, realizarem-se as duas recolhas em simultâneo, mas separadamente.

De acordo com os diplomas legais aplicáveis, a recolha dos RSU é da responsabilidade das câmaras municipais, podendo no entanto o serviço ser concessionado a empresas, públicas ou privadas, como o que se verifica por exemplo em Sintra, em que a recolha dos RSU é efectuada pela HPEM – Higiene Pública, E.M.

Em relação ao local onde é efectuada a recolha dos RSU, consideram-se geralmente três tipos de recolha: a recolha porta-a-porta, a recolha colectiva e os centros de recolha.

No caso da recolha porta-a-porta, são normalmente distribuídos a cada moradia ou edifício um ou mais contentores, de acordo com as necessidades dos agregados familiares, responsabilizando-se os utentes pela sua manutenção e colocação à porta para serem despejados pelas equipas de recolha (Levy *et al.*, 2006). A recolha porta-a-porta pode ser individual, quando efectuada por família ou moradia unifamiliar, ou colectiva, quando efectuada por moradia multifamiliar ou prédio.

A recolha porta-a-porta pode apresentar custos de operação mais elevados, comparativamente à recolha colectiva, uma vez que conduz a um grande desgaste das viaturas de recolha, bem como um esforço contínuo das equipas de cantoneiros (Levy *et al.*, 2006). No entanto, o balanço económico deste tipo de recolha encontra-se dependente das quantidades e qualidade dos materiais recolhidos.

Já na recolha colectiva, os veículos recolhem os recipientes que servem mais do que uma unidade residencial. Os recipientes estão localizados a uma certa distância uns dos outros, ao longo da rua, podendo apenas existir um tipo de contentor (recolha indiferenciada), ou diversos contentores para a deposição selectiva (ecopontos) (Martinho, 2005a).

Neste tipo de recolha são normalmente utilizados contentores de média e grande capacidade, podendo ser de superfície, semi-enterrados ou enterrados.

Os centros de recolha são locais centralizados de deposição. Os produtores de resíduos deslocam-se normalmente a grandes distâncias para aí depositarem os resíduos. É frequente este tipo de recolha em aglomerados dispersos, parques industriais ou centros de deposição selectiva, os conhecidos ecocentros (Martinho, 2005a).

A frequência e o horário de recolha dependem do país e da zona onde esta é efectuada. São regidas pelas condições locais e pelas características do serviço.

No caso da recolha selectiva de RSU, em Portugal a frequência de recolha é normalmente de uma a três vezes por semana, dependendo se é uma área urbana com grande produção de resíduos, da capacidade dos contentores e do tipo de material a recolher.

Quanto ao horário de recolha este pode ser diurno e nocturno, tudo dependendo das condições locais do trânsito e da necessidade de gerir a frota e os recursos humanos disponíveis. No entanto, no caso da recolha de vidro, verifica-se que na maioria dos casos este realiza-se em horário diurno devido ao ruído que causa.

2.3.2 Recolha selectiva de RSU

A recuperação dos materiais recicláveis pode ser realizada através duma recolha selectiva, com separação na fonte, de uma ou mais categorias de resíduos, seguida ou não de posteriores separações em estações de triagem.

O método mais cómodo para o cidadão é não proceder à separação, no entanto para a indústria de reciclagem, quanto maior for o grau de separação na fonte melhor, uma vez que o nível de contaminação dos materiais diminui e, conseqüentemente, o produto final reciclado terá melhor qualidade e melhor preço (Martinho, 2005b).

Relativamente a este tipo de recolha, existem basicamente duas estratégias: a recolha selectiva porta-a-porta e a recolha por transporte dos resíduos pelos próprios produtores, ou seja, recolha colectiva.

2.3.2.1 Sistemas porta-a-porta

O sistema de recolha selectiva porta-a-porta é um sistema de deposição individual e compreende a recolha dos recicláveis da porta da habitação de cada residente.

Este sistema é o mais adequado para aglomerados de moradias ou prédios com menos de três andares.

Quando a separação é efectuada entre dois grupos de resíduos, os não recicláveis e os recicláveis (uma mistura de materiais recicláveis), que posteriormente serão separados e processados numa instalação de triagem, este tipo de recolha é frequentemente denominado por recolha multimaterial. Os sistemas que compreendem a separação na fonte de mais de três grupos de recicláveis designam-se, usualmente, por sistemas de separação dedicada.

Este tipo de sistema apresenta variações que dizem respeito ao número de componentes a separar na fonte, ao tipo e número de recipientes utilizados para a deposição dos recicláveis, ao tipo de veículos e sistema de recolha, à frequência e ao horário da recolha e ao tipo de separação efectuada após deposição (Martinho, 2005b).

Tendo em conta estes critérios, as opções para o sistema de deposição/recolha porta-a-porta, podem dividir-se nos seguintes quatro grandes grupos (Martinho, 2005b):

- 1) Mistura de recicláveis (recicláveis depositados todos no mesmo recipiente, também designado por recolha multimaterial) / recolha conjunta dos recicláveis;
- 2) Mistura de recicláveis (mais do que um tipo de recicláveis, cada um em seu recipiente) / veículo multicompartimentado;
- 3) Sistema de separação dedicada/veículo multicompartimentado;
- 4) Sistema de co-recolha (recolha simultânea de recicláveis e não recicláveis) / veículo mono ou multicompartimentado;

Para esta dissertação, aprofundar-se-á apenas o terceiro grupo, uma vez é um sistema porta-a-porta existente num dos Concelhos em que se realiza o estudo, mais concretamente em Loures.

Com um sistema de separação dedicada/veículo multicompartimentado, os residentes separam em casa mais do que uma fracção de recicláveis e depositam-nos em recipientes diferentes e o cantoneiro de recolha despeja o conteúdo de cada recipiente para o respectivo compartimento do veículo. Os veículos poderão estar adaptados à recolha das várias fracções, ou seja, terão um número de compartimentos idêntico ao número de separações realizadas. Se esta situação não se verificar, a recolha poderá realizar-se em dias ou semanas alternadas, para determinados materiais (Martinho, 2005b).

No Concelho de Loures, é possível observar este tipo de recolha selectiva porta-a-porta, em urbanizações de moradias. Os residentes separam em três fracções de recicláveis, vidro, embalagens e papel/cartão, utilizando para o efeito cestos de 35 L diferentes para cada fracção, que depois são colocados à porta em dias específicos para a recolha. A recolha é efectuada em dias diferentes, sendo que uma vez é recolhido o papel/cartão e noutra as restantes fracções com um veículo de dois compartimentos.

2.3.2.2 Sistemas colectivos

Relativamente aos sistemas por transporte voluntário, incluem-se também uma grande variedade de opções para a deposição e, tal como os sistemas porta-a-porta, exigem aos produtores de resíduos a separação dos resíduos na fonte, mas também o seu transporte para os pontos de deposição (Martinho, 2005b).

São os sistemas mais generalizados porque podem ser implementados a uma escala pequena, requerem menos capital de investimento e adaptam-se melhor à construção em altura.

As variantes ao sistema por transporte voluntário são determinadas essencialmente por duas características: o tipo de equipamento para a deposição dos recicláveis e a densidade de pontos de deposição na malha urbana (Martinho, 2005b). De acordo com

estes dois critérios, os sistemas por transporte voluntário, dividem-se nos seis seguintes sistemas (Martinho, 2005b):

- 1) Contentores isolados;
- 2) Ecopontos;
- 3) Ecocentros;
- 4) Sistemas de deposição móveis;
- 5) Recolhas periódicas;
- 6) Centros de compra e venda de recicláveis.

Uma vez que este estudo incide essencialmente, em sistemas de transporte voluntário por contentores isolados e ecopontos, descrevem-se melhor as características destes dois sistemas.

O primeiro sistema, contentores isolados, consiste na colocação de contentores de várias dimensões, formatos e cores, integrados na malha urbana, destinados à deposição selectiva de apenas uma fileira (*e.g.* vidro ou papel/cartão) ou fluxo de RSU (*e.g.* embalagens ou orgânicos) (Martinho, 2005b). Este sistema foi um dos primeiros a ser implementado em vários países, incluindo Portugal, iniciando-se com o típico vidrão, ou contentor igloo.

Este tipo de contentores, do tipo igloo ou os prismáticos, exigem uma viatura própria para efectuar o seu despejo, equipada com grua.

Em relação aos sistemas em que são utilizados ecopontos, estes diferem apenas do anterior no número de contentores existentes num determinado ponto de deposição selectiva, em vez de um, poderão existir dois ou mais por ponto.

Geralmente encontra-se um sistema de contentores individualizados, colocados lado a lado, mas também pode ser um único contentor (equipamento multibenne ou polibenne), com diferentes divisórias, uma para cada fileira ou fluxo alvo de recolha selectiva. Normalmente encontram-se localizados em locais de passagem frequente e com maiores densidades populacionais.

Este tipo de sistema de recolha é o mais generalizado em Portugal, existindo nos Concelhos de Loures e Sintra, seleccionados para a parte prática desta dissertação.

2.3.2.3 Comparação entre os sistemas

O sistema porta-a-porta é normalmente apontado como o sistema mais cómodo e prático para os seus utilizadores, o que facilita a participação das pessoas, conseguindo-se a recolha de maiores quantidades de resíduos e com taxas de contaminação inferiores aos

sistemas colectivos. No entanto, as principais desvantagens relacionam-se com o facto de requer mais espaço em casa para colocar vários recipientes e exigir um nível de informação elevado e de atenção sobre o tipo de materiais a colocar em cada um e sobre os dias e as horas em que devem ser colocados à porta para uma correcta recolha (Martinho, 2005b).

Já em relação aos sistemas colectivos, e de uma forma geral, estes apresentam as seguintes vantagens (DoE, 1991):

- custos menores de capital e operação, comparativamente aos sistemas porta-a-porta;
- são flexíveis para uma grande gama de contentores (tipo e dimensões) o que permite a sua adaptação à estrutura e à densidade do tecido urbano;
- se o nível de participação dos cidadãos for elevado consegue-se a recolha de materiais de boa qualidade.

Relativamente às desvantagens, destacam-se, como mais significantes, as seguintes (DoE, 1991; Waite, 1995; Rogoff e Williams, 1994):

- a quantidade e a qualidade dos materiais está muito dependente da eficiência de participação dos cidadãos;
- contentores individuais e ecopontos são muito vulneráveis a actos de vandalismo e roubo, podendo, igualmente, ser esteticamente desagradáveis, barulhentos, sujos e pouco higiénicos.
- os ecopontos só são aceitáveis em determinados locais urbanos, devido à necessidade de espaço na área circundante ao ecoponto para as manobras das viaturas de remoção.

Desta forma, não existe um melhor sistema mas sim um sistema mais apropriado a um determinado caso. Cada caso deverá ser analisado cuidadosamente, tendo em conta as características da situação em causa, optando-se pela solução mais sustentável. Algumas soluções têm fracassado devido à ausência de uma análise prévia das variáveis que influenciam a produtividade do sistema de recolha e a construção de diferentes cenários, que permita a sua comparação ambiental, económica e social.

Cada sistema tem as suas características e particularidades, o que o torna mais favorável para umas situações e menos para outras. Um sistema misto, porta-a-porta e colectivo, desde que bem adaptado, poderá atingir melhor os objectivos da reciclagem, uma vez que conseguirá abranger as necessidades de diferentes utilizadores.

Em Portugal, o sistema de deposição selectiva mais frequentemente utilizado é o sistema colectivo, tri-fluxo, com utilização de ecopontos, do qual fazem parte um conjunto de 3 ou 4 contentores para a deposição selectiva de papel/cartão (papelão), vidro (vidrão), embalagens de plástico e metal (embalão) e pilhas (pilheira). Alguns municípios têm implementado sistema de recolha selectiva porta-a-porta em determinadas zonas ou bairros da sua área de actuação, como é o caso de Loures. Além dos ecopontos alguns Sistemas também possuem ecocentros, destinados à deposição selectiva das fileiras materiais e de alguns fluxos de resíduos produzidos pelos cidadãos ou pequenas indústrias e comércio.

2.3.3 Variáveis que influenciam a produtividade dos circuitos de recolha selectiva de RSU

A produtividade dos circuitos de recolha de RSU indiferenciados depende de um conjunto muito diversificado de factores, uns mais de natureza comportamental, outros mais de natureza operacional.

Em relação aos aspectos comportamentais destaca-se, por um lado, os comportamentos dos utentes em relação às regras e às práticas de deposição dos RSU as quais, se não forem as mais adequadas, poderão dar origem a maiores tempos de remoção e a riscos para a segurança e saúde dos cantoneiros. Por outro lado, os comportamentos das próprias equipas de recolha no desempenho das suas tarefas, se não foram os mais indicados, poderão igualmente aumentar desnecessariamente os tempos de recolha (*e.g.* conversa na rua com os amigos, paragem em cafés, realização de serviços paralelos), ou reduzir esses tempos de recolha pondo em causa a qualidade do serviço prestado e em risco a segurança destes trabalhadores (*e.g.* casos em que a equipa faz o trabalho muito rapidamente para poder sair mais cedo).

No que diz respeito às variáveis operacionais, factores como o tipo de equipamento de deposição, o tipo de viaturas, o horário de recolha, a frequência da recolha, a topografia do terreno, a tipologia urbana, as características e dimensão da equipa de recolha, entre outros, influenciam o rendimento e a produtividade dos circuitos.

Nos pontos seguintes descrevem-se o tipo de equipamentos de deposição e o tipo de viaturas, normalmente utilizados na recolha selectiva de RSU.

2.3.3.1 Tipos de equipamentos de deposição

A selecção do tipo de recipiente a adoptar requer sempre uma análise gradativa das seguintes condicionantes (Martinho, 2005a):

- Características urbanas locais;

- Flexibilidade do sistema;
- Capacidade de deposição;
- Grau de participação a esperar da população;
- Número de contentores necessários;
- Melhoria das condições de higiene e segurança dos trabalhadores;
- Tipo de veículos de recolha;
- Custos de implementação e exploração;
- Adaptabilidade da tecnologia;
- Tempos de carga/descarga.

Além destes factores, para a recolha selectiva dos RSU, os requisitos a exigir a qualquer equipamento de deposição são, ainda: serem adaptados aos veículos de recolha; serem fabricados com materiais duráveis e resistentes (metal ou plástico); terem uma capacidade que permita um manuseamento seguro pelo cantoneiro.

Os tipos de recipientes utilizados para a deposição dos RSU indiferenciados podem ser ou sacos não reutilizáveis (de plástico), ou contentores de pequena e média capacidade (sem redução de volume), onde se incluem os contentores para recolha hermética, ou contentores de grande capacidade (com ou sem compactação).

Os contentores de pequena capacidade são normalizados, de fundo quadrado ou rectangular. Não têm redução de volume, e possuem pegas e saliências próprias de modo a serem carregados para os veículos de recolha. Neste tipo de equipamento incluem-se os contentores para recolha hermética (Martinho, 2005a).

Este tipo de equipamento de deposição, de pequena capacidade, utiliza-se tanto para a recolha selectiva como para a recolha indiferenciada. Os contentores de pequena capacidade variam entre os de 35 L e os 360 L de volume (SMAS Loures, 2009). Na Figura 2.4 apresentam-se dois exemplos deste tipo de contentores.



Figura 2.4. Contentores de pequena capacidade, de 120 L e 240 L (SMAS Loures, 2009).

Tal como os contentores de pequena capacidade, os contentores de média capacidade são equipamentos sem redução de volume, onde também se incluem os contentores para recolha hermética. Este tipo de equipamento é de utilização colectiva, está colocado na via pública, e a sua capacidade pode variar entre os 700 L a 1100 L.

Actualmente são quase todos de polietileno, encontrando-se em desuso os metálicos. Estes são fechados com uma tampa com dobradiças, equipados com quatro rodas e, nos de maior dimensão, com um orifício na base para facilitar o escoamento dos líquidos de limpeza e desinfecção (Levy *et al.*, 2006). Na Figura 2.5 apresenta-se um exemplo deste tipo de contentores.



Figura 2.5. Contendor de média capacidade, de 1100 L (SMAS Loures, 2009).

Os contentores com capacidades superiores a 1100 L, classificados como grandes contentores, também utilizados na recolha selectiva de RSU, podem ser de superfície ou de profundidade, e são normalmente usados em áreas urbanas com grande concentração da produção de RSU. Relativamente aos contentores de superfície, é possível encontrar contentores com várias capacidades, entre elas os de 2400 L, em que a recolha é mecanizada e lateralmente, e os de 2500 L, tipo cyclea, em que a recolha é efectuada por uma viatura com grua.

Este tipo de contentores pode reduzir os custos de recolha, pois não necessita de cantoneiros, o motorista executa todas as tarefas de despejo dos contentores. No entanto, não pode ser utilizado em todas as zonas urbanas e encontra-se muito dependente dos comportamentos dos automobilistas, pois se alguma viatura ficar estacionada à sua frente já não pode ser despejado.

Dentro dos contentores de profundidade destacam-se os conhecidos moloks e ilhas ecológicas, com capacidades que podem variar entre os 3000 litros e os 5000 litros.

Na Figura 2.6 apresenta-se um exemplo para cada um destes tipos de contentores.



Figura 2.6. Contentores de grande capacidade: contentor de 2400 L (à esquerda) e cylcea de 2500 L (à direita).

O tipo de equipamento de deposição condiciona as quantidades recolhidas e o tempo necessário por ponto de recolha.

2.3.3.2 Tipos de viaturas de recolha

Um dos aspectos mais importantes na organização de um sistema de recolha selectiva de RSU é a escolha do tipo de viatura e depende dos aspectos locais e do tipo de recipientes existentes para a deposição dos resíduos. Mas de um modo geral, as viaturas devem cumprir os seguintes requisitos (Martinho e Gonçalves, 2000; Levy *et al.*, 2006):

- Rapidez no acondicionamento de resíduos;
- Facilidade de enchimento e descarga;
- Capacidade de carga adequada;
- Funcionamento com baixo índice de ruído;
- Facilidade de manobra na circulação;
- Boas características de estanqueidade;
- Facilidade de manutenção e lavagem;
- Correcta distribuição sobre os eixos;
- Órgãos de segurança adequados;
- Segurança e estética.

As viaturas de recolha podem classificar-se de acordo com o método de descarga, o tipo de sistema de elevação dos contentores e respectiva localização, e o sistema de transferência dos resíduos da tremonha de recepção para o interior da caixa (Martinho e Gonçalves, 2000).

Relativamente ao método de descarga dos resíduos para a caixa da viatura, a recolha pode classificar-se em recolha convencional ou aberta e recolha hermética. No primeiro caso, a zona de carregamento da viatura é aberta, podendo ser realizada manualmente ou semi-automaticamente.

Este método de descarga tem como principais vantagens a rapidez no processo de carregamento, bem como a possibilidade do carregamento de objectos volumosos encontrados ao longo do percurso. Como desvantagens, a recolha convencional permite acidentes pela facilidade com que se atinge a carga, e os cantoneiros estão expostos a poeiras e cheiros (Martinho, 2005a).

A recolha hermética é realizada mediante a utilização de contentores normalizados, fechados com tampa, com dobradiças e com dispositivos adequados às viaturas de recolha, de modo a assegurar um esvaziamento estanque por meios hidráulicos ou pneumáticos (Martinho, 2005a). A recolha destes contentores é efectuada por viaturas equipadas com adufas para descarga dos contentores, constituídas por um sistema de elevação hidráulica e por uma boca de descarga provida de uma abertura a toda a largura da traseira do veículo.

Não existindo contacto dos cantoneiros com os resíduos, verifica-se um acréscimo de segurança em termos de segurança e higiene, pois não se formam poeiras nem cheiros, nem se verificam derrames de detritos na via pública.

Este tipo de recolha tem como desvantagens o facto da frota utilizada ser bastante mais dispendiosa relativamente às viaturas de caixa aberta.

Em relação ao sistema de elevação dos contentores, este pode ser manual, semi-automático ou totalmente automático. O sistema de elevação pode localizar-se na parte traseira do veículo, lateralmente, ou à frente. Para a recolha selectiva de RSU são utilizadas viaturas de carregamento traseiro e, recentemente, viaturas de carregamento lateral.

O sistema de transferência dos resíduos da tremonha de recepção para o interior da caixa da viatura pode ser manual ou mecânico, sendo que o sistema manual encontra-se em desuso.

Nas viaturas de recolha hermética, as caixas são completamente fechadas. Podem existir sistemas mecânicos descontínuos, em que os resíduos são transferidos e também compactados por comando do cantoneiro, sempre que a tremonha de carga esteja cheia. A alimentação da tremonha é suspensa durante a operação. Também existem sistemas de transferência mecânica contínua, efectuada sem intervenção dos cantoneiros, pelo movimento de vai-e-vem permanente duma placa (também denominadas viaturas por

placa) ou por um parafuso sem fim (também conhecidas por viaturas rotativas) (Martinho, 2005a).

Os tempos necessários às operações de esvaziamento dos contentores variam consoante o tipo de viatura e o mecanismo de elevação e esvaziamento dos contentores.

Outros factores importantes relacionados com as viaturas são a taxa de compactação e a sua capacidade de carga. Viaturas com maiores capacidades ou com taxas de compactação elevadas, conseguem recolher mais quantidades de resíduos não necessitando de sair do circuito para despejar a sua carga, ou seja, têm que efectuar um número menor de voltas por circuito.

2.3.3.3 Outros factores

Além do tipo de equipamento de deposição e tipo de viaturas, outros factores operacionais que poderão influenciar a produtividade dos circuitos são as equipas de recolha.

A constituição da equipa de recolha pode ser variável. Na recolha hermética, a equipa é normalmente constituída por 1 motorista e 2 a 3 cantoneiros, na recolha lateral, a equipa é composta apenas pelo motorista. Para além da dimensão da equipa, que pode influenciar nos tempos de recolha, a eficiência da recolha encontra-se dependente da experiência, da idade, das condições físicas e de saúde da equipa e da motivação e desempenho para a realização das tarefas necessárias à recolha.

Outros factores, não directamente relacionados com as condições operacionais dos circuitos, mas que têm igualmente uma influência determinante para a sua produtividade são o tipo de aglomerado urbano (*i.e.* rural, misto ou urbano), a densidade e estrutura urbana (*i.e.* tipo de vias, restrições de tráfego), a topografia do terreno (*i.e.* zonas mais planas ou mais acidentadas), as condições de trânsito (*i.e.* ruas muito movimentadas ou menos movimentadas).

2.4 ANÁLISE DE CIRCUITOS

2.4.1 Conceitos e importância

Os sistemas de recolha de RSU envolvem operações e tempos diferentes, consoante se trate de um sistema com contentores estacionários ou transportáveis.

Relativamente à recolha selectiva de RSU, os contentores são estacionários, ou seja, são despejados no local de recolha não sendo transportados pela viatura para despejo no local de deposição. Neste tipo de recolha, a sequência das operações de recolha de

contentores é a que esquematicamente se apresenta na Figura 2.7, podendo-se dividir nas seguintes cinco operações unitárias (Tchobanoglous *et al.*, 1993; Martinho, 2005a):

- Tempo ou distância de e para a garagem – Tempo ou distância que decorre da garagem até ao 1º ponto de recolha, e tempo ou distância do local de deposição (do último frete) até à garagem;
- Tempo ou distância efectiva de recolha – Depende do tipo de circuito, e refere-se ao tempo ou distância que o veículo demora a encher, desde o primeiro ponto de recolha até ao último;
- Tempo ou distância de transporte – Depende do tipo de circuito, e é o tempo ou distância percorrida pela viatura desde o último ponto de recolha, quando o veículo atinge a sua capacidade máxima, até ao local de esvaziamento da sua carga e regresso ao 1º ponto do frete seguinte;
- Tempo e distância no local de deposição – Tempos ou distâncias necessárias ao esvaziamento da carga do veículo. O local de deposição pode ser uma estação de transferência, estação de triagem, compostagem, incineradora ou aterro sanitário;
- Tempo e distância fora do circuito (ou não produtivo) – Inclui os tempos ou distâncias não produtivos mas necessários, inerentes aos circuitos (por exemplo, tempos a preencher folhas e preparar o veículo, tempo perdido na reparação ou manutenção do equipamento, tempos perdidos com o congestionamento do trânsito, almoço), e os tempos não produtivos e desnecessários (tempo excessivo de hora do almoço, cafés, etc.).

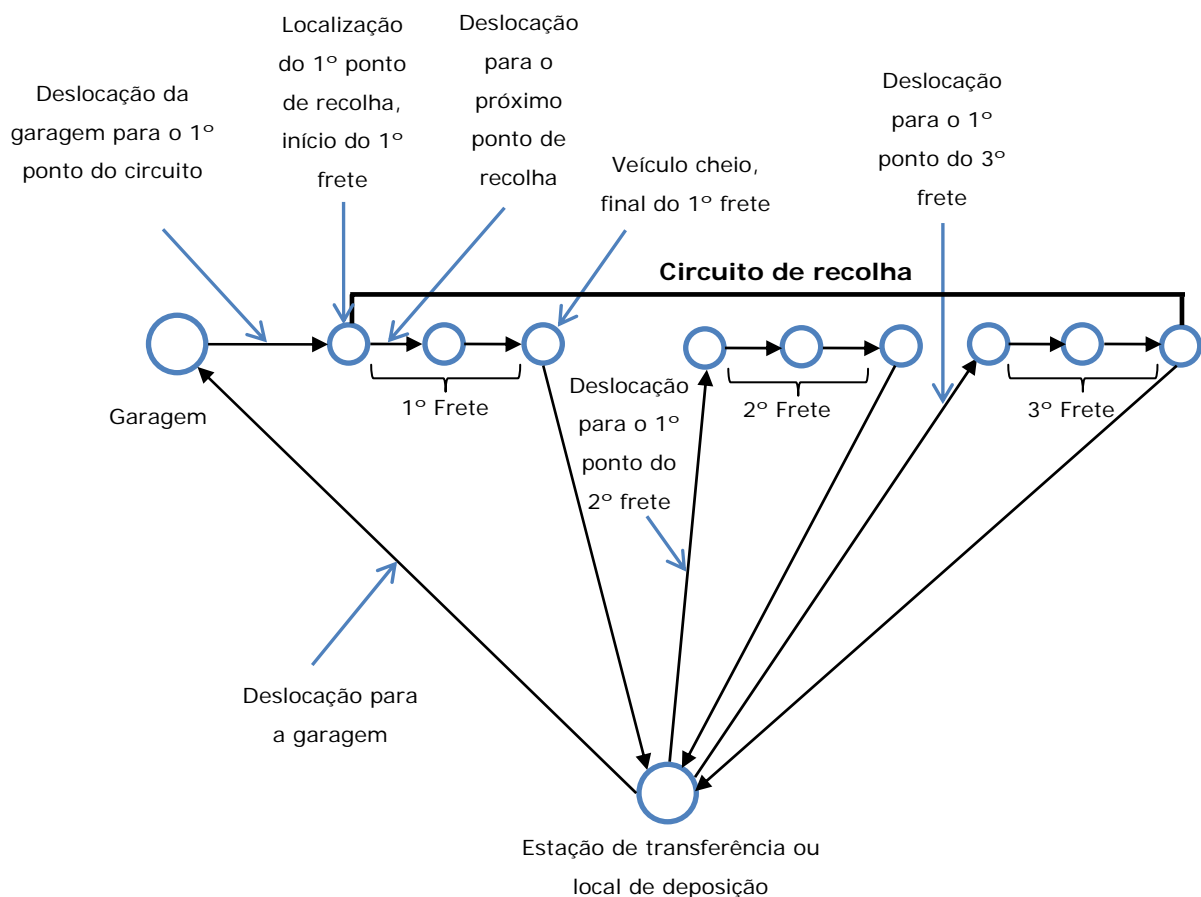


Figura 2.7. Sequência de operações de recolha de contentores estacionários (adaptado de Tchobanoglous *et al.*, 1997).

Estas distâncias e tempos permitem o cálculo de um conjunto de indicadores operacionais e produtividade dos circuitos, relevantes para a avaliação da eficiência dos circuitos, comparações entre circuitos e exercícios de simulação.

Este tipo de análise possibilitará aos técnicos responsáveis pela recolha dos RSU, que têm vários circuitos de recolha de RSU na sua área de intervenção, avaliar se os circuitos estão ou não equilibrados. Um circuito bem equilibrado consegue que a equipa de recolha ocupe aproximadamente o mesmo tempo no trabalho produtivo, sem acumular tempos significativos de horas extraordinárias ou, ao contrário, não utilizar em pleno as horas diárias de trabalho da equipa. Este processo, de determinar circuitos de recolha bem equilibrados, é por vezes designado por análise macro-circuito (Tchobanoglous *et al.*, 1997; Martinho, 2005a).

De forma a calcular estes indicadores é necessário fornecer à equipa de recolha, folhas de registo, onde estas registem os tempos e as distâncias (km) percorridas, as

quantidades de RSU recolhidas e outras informações necessárias aos objectivos pretendidos.

Devido a razões inerentes ao trabalho dos cantoneiros e motoristas, nem sempre é fácil este registo, pelo que nestes casos deverão realizar-se campanhas específicas para a monitorização dos circuitos.

2.4.2 Indicadores operacionais e de produtividade dos circuitos

Os indicadores constituem variáveis que transmitem informação sobre o estado e/ou tendência dos atributos (qualidade, características, propriedades) de um sistema. Estes fornecem informações que permitem comparar o desempenho ambiental de um determinado sistema, com base nos seus critérios estabelecidos de desempenho ambiental (Antunes e Videira, 2006).

Os indicadores ambientais devem ser, de acordo com a ISO 14031 (ISO 14031, 1996):

- Consistentes com a declaração de política ambiental da organização;
- Apropriados aos esforços de gestão da organização, ao seu desempenho operacional ou à condição do ambiente;
- Úteis para medir o desempenho em relação aos critérios de desempenho ambiental da organização;
- Relevantes e compreensíveis para as partes internas e externas da organização;
- Obtidos de um modo eficaz em relação ao tempo e a custos;
- Adequados para o uso planeado de acordo com o tipo, qualidade e quantidade de dados;
- Representativos para o desempenho ambiental da organização;
- Medidos em unidades apropriadas para o desempenho ambiental;
- Respondam e sejam sensíveis a mudanças no desempenho ambiental da organização, sejam capazes de fornecer informação das tendências actuais e futuras do desempenho ambiental.

Os indicadores ambientais são uma poderosa ferramenta para os gestores e, também, para melhorar o grau de consciencialização e informação do público sobre aspectos ambientais.

De acordo com a ISO/DIS 14031, o desempenho ambiental de uma organização ou sistema, deve ser medido por meio de indicadores que permitam avaliar dois aspectos essenciais: o desempenho ambiental propriamente dito, avaliado por indicadores de

desempenho ambiental, e a qualidade do meio onde a actividade de gestão de resíduos se insere, avaliada por indicadores de condição ambiental. Os indicadores de desempenho ambiental, por sua vez, incluem os indicadores de desempenho da gestão e os indicadores de desempenho operacional (Antunes, 1999).

Quando se faz a análise de circuitos, os indicadores que se determinam são do tipo desempenho operacional, nos quais se incluem, a título de exemplo, os seguintes (Antunes, 1999):

- Indicadores relacionados com a utilização de materiais no sistema (*e.g.* consumo de pneus);
- Indicadores relacionados com a utilização de energia (*e.g.* consumo de gasóleo por tonelada de resíduos recolhidos);
- Indicadores relacionados com os serviços de suporte (*e.g.* distância média percorrida por tonelada de resíduo recolhida);
- Indicadores relacionados com instalações e equipamentos (*e.g.* número de horas de manutenção preventiva da frota);
- Indicadores relacionados com os produtos/serviços realizados (*e.g.* número de habitantes servidos pelo sistema de recolha);
- Indicadores relacionados com as emissões para o ambiente (*e.g.* emissões atmosféricas por tonelada de resíduo recolhido).

De acordo com a LIPOR (2009) esses indicadores permitem:

- Descrever as condições operacionais do sistema e reflectir a adequação dos recursos;
- Fornecer informação relativa a produtividade, avarias, consumos, rendimento, entre outros;
- Comparar diferentes métodos de recolha;
- Caracterizar a situação de referência e monitorizar a evolução do desempenho;
- Avaliar e descrever os padrões de qualidade da prestação do serviço analisando reclamações e tempos de resposta a solicitações;
- Quantificar a distância a metas pré-definidas.

No Quadro 2.1 apresenta-se alguns valores publicados no livro de Tchobanoglous *et al.* (1997), relativos ao tempo requerido por contentor e ao tempo no local de deposição a descarregar a carga, para diferentes tipos de viaturas e sistemas de carga.

Assim, e para o caso dos circuitos com contentores estacionários, com um sistema mecanizado de carregamento, com uma taxa de compactação entre 2.0 a 2.5, características mais semelhantes às das viaturas de recolha de RSU indiferenciados, o tempo requerido a esvaziar um contentor é de 0,008 a 0,005 h, e o tempo necessário para descarregar a carga da viatura é de 0,10 h/volta.

Os mesmos autores referem ainda um valor de 0,50 a 0,60 minutos para o tempo médio num ponto de recolha com 1 ou 2 contentores, e 0,92 minutos por ponto de recolha com 3 ou mais contentores por ponto.

Quadro 2.1 – Indicadores de circuitos de resíduos (Tchobanoglous *et al.*, 1997).

Tipo de veículos	Sistema de carga	Taxa de compactação (r)	Tempo requerido para carregar o contentor cheio e colocar o vazio (h/volta)	Tempo requerido para esvaziar o contentor (h/contentor)	Tempo no local (h/volta)
Móveis					
Grua	Mecanizado	-	0.067		0.053
Rebocável	Mecanizado	-	0.40		0.127
Rebocável	Mecanizado	2.0 - 4.0 ^a	0.40		0.133
Estacionários					0.10
Compactador	Mecanizado	2.0 - 2.5		0.008 - 0.05 ^b	0.10
Compactador	Manual	2.0 - 2.5			

^a contentores com compactadores fixos

^b o tempo depende da dimensão do contentor

Em termos nacionais, de referir o estudo realizado por Santos *et al.* (1994), aos circuitos de recolha de RSU de Lisboa, para os quais os autores obtiveram os indicadores que se apresentam no Quadro 2.2.

Quadro 2.2. Indicadores obtidos para os circuitos de RSU de Lisboa (Santos *et al.*, 1994).

Indicadores	Unidade	Formato	Valor
Capacidade instalada	ton	Inteiro	699,6
Indicador de adequação da capacidade instalada	%	Decimal	65,8
Capitação de RSU	kg/hab.d	Decimal	1,52
Quantidade de RSU removidos por km efectivo	kg/km	Inteiro	901
Quantidade de RSU removidos por hora de trabalho	ton/hora	Inteiro	1,38
Horário efectivo de trabalho/horário normal	-	Decimal	1,23
Tempo de espera por km percorrido	min/km	Decimal	0,58
Tempo de espera por hora de trabalho	min/hora	Decimal	4,73
Coeficiente de concentração do circuito	%	Decimal	18,64
Velocidade média de trajecto	km/h	Decimal	8,23
Indicador de avarias/mês	%	Decimal	3

Há ainda que referir outro estudo efectuado por Moreira (2008) relativo a circuitos de recolha de RSU indiferenciados, nos concelhos de Loures e Sintra. Este estudo teve como objectivos a determinação de indicadores típicos de circuitos de recolha de RSU indiferenciados e a análise da influência de variáveis operacionais na produtividade dos mesmos.

No Quadro 2.3 são apresentados os indicadores de desempenho de produtividade dos circuitos estudados obtidos neste estudo. A autora conclui que os circuitos de recolha porta-a-porta, com muitos pontos de recolha e contentores com menor volume, são os menos produtivos em termos de quantidades recolhidas por km efectivo, por ponto de recolha e por hora de trabalho.

Quadro 2.3. Indicadores de produtividade dos circuitos seleccionados (Moreira, 2008).

Indicadores de produtividade	Circuitos							
	01 RRS	08 RRS	18 RRS	36 RRS	37 RRS	40 RRS	04 RK	320
Tipo de contentores	Médios (210): 209 de 1100L e 1 de 240L	Médios 206 de 1100L	Médios (212): 202 de 1100L, 8 de 240L e	Médios 286 de 1100L	Mistos (362): 187 de 1100L, 147 de 240L e 28 de 120L	Pequenos (1411): 1199 de 120L e 212 de 240L	Grandes Molok 30 de 5000 L	Grandes lateral (147): 126 de 2400L e 21 de 3200L
Tipo de viatura	Por placa 15 m ³	Por placa 15 m ³	Por placa 20 m ³	Por placa 20 m ³	Por placa 20 m ³	Por placa 15 m ³	Caixa aberta c/ grua	Por placa 25 m ³
Quantidade de resíduos removidos por km efectivo (kg/km)	998	1.606	547	762	667	603	523	936
Quantidade de resíduos removidos por ponto de recolha (kg/ponto)	177	191	103	130	129	9	472	256
Quantidade de resíduos removidos por hora de trabalho (kg/h)	2223	2.709	1926	2642	3.011	1.322	1.688	4.594
Coefficiente de concentração do circuito (%)	11	11	29	20	32	16	21	32
Velocidade média de trajecto (km/h)	21	15	12	17	14	14	15	15
Nº de pontos de recolha/circuito	77	81	111	123	126	1.095	18	121
Nº fretes/circuito	2,07	2,21	1,38	2,14	1,38	1,71	1,5	2,67
Consumo de combustível por km percorrido (l/km)	0,55	0,64	0,54	0,64	0,64	0,59	0,78	0,86
Horário efectivo de trabalho/horário normal (%)	0,88	0,82	0,85	0,86	0,77	1,09	0,72	0,96

Apresenta-se ainda, no Quadro 4.11, os tempos médios por ponto de recolha obtidos por Moreira (2008).

Quadro 2.4. Tempos médios (mm:ss) obtidos por ponto de recolha em função do número de contentores (Moreira, 2008).

Circuito	Tipo de contentores	Número de contentores por ponto de recolha								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
08 RRS	1100L	0:46	1:31	2:02	2:42	4:26	6:02			
01 RRS	1100L	0:25 ⁽¹⁾	1:16	2:47	2:53	5:31	7:01	11:25		12:20
18 RRS	1100L	1:01	3:35	4:04 ⁽²⁾	4:13					
24 RRS	1100L	0:54	1:50							
36 RRS	1100L	0:41	1:00	2:12	2:40					
37 RRS	1100L	0:29	1:03	1:30	1:44					
37 RRS	240L	0:24	0:28	0:35 ⁽³⁾	0:37					
40 RRS	140L	0:30	0:43							
24 RRS	120L	0:37	1:22							
40 RRS	120L	0:25	0:34	0:54						
04 RK	5000L	4:54	7:19		15:07					
320	2400L	0:56	1:41							
320	3200L	0:57	1:36							
320	2400L+3200L		1:48							

(1) Valor real medido: 3:16 mm:ss; (2) Valor real medido: 5:24 mm:ss; (3) Valor real medido: 0:41 mm:ss

3. METODOLOGIA

Neste capítulo descrevem-se os objectivos estabelecidos para este estudo, os critérios e a metodologia seguida para a selecção dos circuitos utilizados como casos de estudo, as características de cada um destes circuitos, o planeamento, o cronograma e os procedimentos seguidos nas campanhas de monitorização dos circuitos, bem como, os indicadores operacionais e de produtividade seleccionados e o tratamento estatístico dos resultados.

3.1 OBJECTIVOS E HIPÓTESES

Como referido na introdução, o objectivo geral deste trabalho é determinar indicadores operacionais e de produtividade dos circuitos de recolha selectiva multimaterial, que possibilitem atingir os seguintes objectivos específicos:

- **Objectivo 1.** Determinar indicadores típicos para determinados circuitos de recolha selectiva de RSU, que possam ser utilizados pelos técnicos na elaboração de projectos de recolha, quando não se dispõe de dados reais ou quando a monitorização dos circuitos não seja possível;
- **Objectivo 2.** Avaliar a influência de determinadas variáveis operacionais na produtividade dos circuitos.

Tendo em consideração o tempo, recursos humanos e financeiros disponíveis para a realização deste estudo, para o objectivo 2, optou-se por avaliar a influência de apenas três variáveis consideradas importantes para a produtividade dos circuitos, uma vez que são muitos os factores que poderão influenciar os indicadores de um determinado circuito de recolha de resíduos.

As variáveis seleccionadas foram: tipo contentor, o tipo de viatura e tipo de material a recolher. Como o tipo de contentor condiciona o tipo de viatura, optou-se por considerar o conjunto contentor/viatura como uma única variável, que se intitulou tipo de sistema de recolha.

Assim sendo, o objectivo 2 foi decomposto nos seguintes dois objectivos:

- **Objectivo 2.1.** Avaliar a influência do **material a recolher** (*i.e.* papel/cartão *versus* plástico *versus* vidro), nos indicadores de produtividade dos circuitos;
- **Objectivo 2.2.** Avaliar a influência do **tipo de sistema de remoção contentor/viatura** (*i.e.* diferentes tipos de contentores/viaturas), nos indicadores de produtividade dos circuitos.

Pretende-se então comprovar com este estudo a hipótese específica de que as variáveis em causa influenciam a produtividade dos circuitos.

3.2 SELECÇÃO, DEFINIÇÃO E CÁLCULO DOS INDICADORES

A avaliação e monitorização de sistemas de recolha selectiva permite conhecer os pontos fortes e fracos dos sistemas implementados, assim como a identificar áreas problemáticas a corrigir e melhorar as situações menos eficientes (The Kindred Association, 1994).

De forma a atingir os objectivos propostos para este estudo efectuou-se a medição do desempenho dos sistemas de recolha selectiva de RSU analisados. Para isso seleccionou-se de um conjunto de indicadores essenciais para a determinação das variáveis operacionais e de produtividade dos circuitos analisados.

No Quadro 3.1 apresentam-se os indicadores operacionais seleccionados para caracterizar os circuitos, a sua definição, forma de cálculo e respectivas unidades.

No Quadro 3.2 apresentam-se os indicadores de produtividade seleccionados para avaliar testar a influência de determinadas variáveis operacionais, a sua definição, forma de cálculo e respectivas unidades.

Quadro 3.1. Indicadores operacionais dos circuitos (Moreira, 2008).

Indicadores	Definição	Cálculo	Unidades
Capacidade instalada	Volume total de contentorização.	Somatório dos volumes de todos os contentores existentes no circuito.	m ³
Quantidade média de RSU recolhidos por dia de recolha	Quantidade de resíduos recolhidos por circuito por dia de recolha	Média das quantidades de resíduos recolhidos por frete por circuito por dia	t/circuito
Nº médio de fretes realizado por circuito	Número de voltas por circuito, corresponde ao número de vezes que a viatura de recolha tem que abandonar o circuito para ir descarregar a sua carga	Média do número de vezes que a viatura de recolha abandona o circuito para ir descarregar a sua carga	Nº/circuito
Consumo médio de combustível por circuito	Razão entre a quantidade total de combustível consumido no circuito e os km totais percorridos	(Quantidade total de combustível consumido por circuito /Distância total percorrida) x 100	l/100 km
Tempo total do circuito	Tempo que decorre desde que a viatura de recolha sai da garagem até ao momento em que regressa, depois de completar o circuito de recolha.	Hora final do circuito (chegada à garagem) – Hora inicial do circuito. (partida da garagem)	h

(continua)

Quadro 3.1. Indicadores operacionais dos circuitos (continuação).

Indicadores	Definição	Cálculo	Unidades
Distância total do circuito	Distância percorrida pela viatura desde que a viatura sai da garagem até ao momento em que regressa, depois de completar o circuito de recolha	Quilómetros de chegada à garagem – quilómetros de partida da garagem.	km
Tempo efectivo de recolha	Tempo que o veículo demora nas tarefas de esvaziamento dos contentores e deslocação entre contentores.	Soma dos tempos efectivos de todos os fretes efectuados no circuito.	h
Distância efectiva de recolha	Distância percorrida pela viatura de recolha nas tarefas de esvaziamento dos contentores e deslocação entre contentores.	Soma das distâncias efectivas de todos os fretes efectuados no circuito.	km
Tempo médio de recolha por ponto de recolha	Tempo que em média demora a operação de esvaziamento dos contentores para dentro da caixa da viatura e a reposição dos contentores no mesmo local da via pública.	Intervalo de tempo desde que a viatura para, para recolher os contentores de um determinado ponto de recolha, até que parte para se dirigir ao próximo ponto de recolha.	mm:ss/ ponto de recolha
Tempo de transporte	Tempo desde o último ponto de recolha, quando o veículo atingiu a sua capacidade máxima ou quando finalizou o circuito, até ao local de deposição da sua carga. Se o circuito tiver mais do que uma volta, incluiu também o tempo de regresso ao 1º ponto do 2º frete e o tempo de regresso ao local de deposição e assim sucessivamente.	Soma dos tempos entre o último ponto de recolha e o local de deposição, e regresso ao circuito, de todos os fretes.	h
Distância de transporte	Distância percorrida pela viatura desde o último ponto de recolha, quando o veículo atingiu a sua capacidade máxima ou quando finalizou o circuito, até ao local de deposição da sua carga. Se o circuito tiver mais do que uma volta, incluiu também a distância de regresso ao 1º ponto do 2º frete e a distância de regresso ao local de deposição e assim sucessivamente.	Soma das distâncias entre o último ponto de recolha e o local de deposição, e regresso ao circuito, de todos os fretes efectuados.	km
Tempo no local de deposição	Tempo necessário ao esvaziamento da carga do veículo, desde a sua entrada no local de deposição (<i>i.e.</i> estação de transferência, aterro, incineradora, compostagem) até à sua saída.	Soma dos tempos no local de deposição (Hora de saída do local de deposição - hora de chegada ao local de deposição), de todos os fretes efectuados.	h
Distância no local de deposição (km)	Distância necessária ao esvaziamento da carga do veículo, desde a sua entrada no local de deposição (<i>i.e.</i> estação de transferência, aterro, incineradora, compostagem) até à sua saída.	Soma das distâncias no local de deposição (Quilómetros à saída do local de deposição - quilómetros à chegada ao local de deposição), de todos os fretes efectuados.	km
Tempo da garagem e para a garagem (h)	Tempo que decorre da garagem até ao 1º ponto de recolha, mais o tempo do local de deposição (do último frete) até à garagem.	Tempo da garagem ao 1º ponto de recolha + Tempo do local de deposição (do último frete) até à garagem.	h
Distância da garagem e para a garagem (km)	Distância que decorre da garagem até ao 1º ponto de recolha, mais a distância do local de deposição (do último frete) até à garagem.	Distância da garagem ao 1º ponto de recolha + Distância do local de deposição (do último frete) até à garagem.	km

Quadro 3.2. Indicadores de produtividade dos circuitos (Moreira, 2008).

Indicadores	Definição	Cálculo	Unidades
Quantidade de resíduos removidos por km efectivo	Razão entre a quantidade de resíduos recolhidos por circuito/dia e a distância efectiva do circuito. Reflecte a densidade de produção de resíduos no tecido urbano.	Quantidade de resíduos recolhidos por circuito/distância efectiva do circuito.	kg/km
Quantidades de resíduos removidos por ponto de recolha	Razão entre a quantidade de resíduos recolhidos por circuito/dia e o número total de pontos de recolha, ou contentores. Reflecte a quantidade média de resíduos depositados por contentor.	Quantidade de resíduos recolhidos por circuito/Número total de contentores.	kg/ponto
Quantidade de resíduos removidos por hora de trabalho	Razão entre a quantidade de resíduos recolhidos por circuito/dia e as horas de trabalho efectivas/dia.	Quantidade de resíduos recolhidos por circuito/Horas de trabalho efectivas por dia.	kg/h
Coeficiente de concentração do circuito	Razão entre a distância efectiva do circuito e a distância total do circuito/dia; é uma medida da dispersão entre a localização do circuito, a garagem e o local de deposição dos resíduos.	Distância efectiva do circuito/Distância total do circuito.	%
Velocidade média de trajecto	Razão entre a distância total do circuito e o tempo total a realizar o circuito.	Distância total do circuito/Tempo total do circuito.	km/h
Nº de pontos de recolha / circuito	Número total de pontos de recolha por circuito e por dia de recolha.	Determinado através das monitorizações efectuadas ao circuito.	
Nº voltas / circuito	Número de voltas por circuito, corresponde ao número de vezes que a viatura de recolha tem que abandonar o circuito para ir descarregar a sua carga.	Determinado através das monitorizações efectuadas ao circuito.	
Consumo de combustível por km percorrido	Razão entre a quantidade total de combustível consumido no circuito e os km percorridos.	Quantidade total de combustível consumido no circuito/Distância percorrida.	l/km
Horário efectivo de trabalho / horário normal	Razão entre as horas de trabalho efectivas/dia e o horário normal de trabalho (ex. se o resultado for 1,2, isto significa que 20% corresponde a horas extraordinárias).	Horas de trabalho efectivas por dia/Horário normal de trabalho.	%

3.3 PLANEAMENTO EXPERIMENTAL

3.3.1 Selecção dos casos de estudo e dos circuitos a monitorizar

Para a realização deste estudo foram seleccionados, como casos de estudo, circuitos do Concelho de Loures e do Concelho de Sintra. O contacto mantido ao longo dos anos entre a FCT/UNL e estes municípios, bem como as ligações pessoais com alguns técnicos da Divisão de Resíduos Sólidos dos Serviços Municipalizados de Loures (SMAS de Loures) e da HPEM – Empresa Municipal de Sintra, foram factores decisivos nesta escolha. Da mesma forma, outro motivo preponderante para esta decisão foi a disponibilidade total destas entidades para a realização deste estudo, disponibilizando informação e apoio logístico.

Os SMAS de Loures asseguram actualmente a prestação do serviço de recolha de RSU nos municípios de Loures e Odivelas, a uma população de 330.000 habitantes. Os resíduos recicláveis recolhidos são transportados para o Centro de Triagem da Valorsul, situado em Vale do Forno, concelho de Lisboa, onde são separados e processados para que as indústrias recicladoras os possam receber (SMAS Loures, 2009; Valorsul, 2009).

A HPEM – Higiene Pública E.M., é a entidade responsável pelos serviços de higiene e limpeza dos espaços públicos do município de Sintra, com uma população de 365.000 habitantes. A recepção, tratamento e encaminhamento dos resíduos recolhidos é feito pela Tratolixo, situada em Trajouce no concelho de Cascais. Nesta os resíduos recicláveis são separados e preparados para que possam ser encaminhados para as entidades recicladoras (HPEM, 2009; Tratolixo, 2008).

Assim que o projecto foi apresentado aos SMAS de Loures e resolvidas todas as questões formais, iniciou-se o trabalho consultando a base de dados dos circuitos existentes, de forma a seleccionar os circuitos que permitissem atingir os objectivos e hipóteses propostas.

Através desta base de dados foi possível analisar cada circuito, relativamente às seguintes variáveis: ao tipo e número de contentores; horário e frequência da recolha; tipo de recolha; tipo e capacidade das viaturas; tempos e quilómetros totais percorridos; quantidade de resíduos recolhidos; tipo de habitação e aglomerado; entre outros. O auxílio prestado pelos técnicos dos SMAS de Loures, durante este processo de análise foi imprescindível para a definição dos critérios e selecção final dos circuitos a monitorizar.

Deste modo, seleccionaram-se 12 dos 50 circuitos de recolha selectiva existentes no Concelho de Loures.

Relativamente ao concelho de Sintra, o circuito número 320 de remoção lateral, com recolha dos três tipos de material, foi aconselhado como caso de estudo pelos técnicos da HPEM, uma vez que se trata de um sistema de recolha inovador no país.

3.3.2 Design experimental e características dos circuitos seleccionados

Para se demonstrar que as variáveis seleccionadas influenciam a produtividade dos circuitos, é essencial que os circuitos a monitorizar sejam o mais idênticos entre si, de forma a isolar cada uma das variáveis que se pretende estudar. No entanto, não foi possível assegurar esta condição para todos os objectivos, uma vez que é extremamente difícil encontrar circuitos exactamente iguais que difiram entre si apenas numa única variável.

Seguidamente apresenta-se o design experimental realizado para atingir os objectivos propostos e uma breve descrição de cada um dos treze circuitos seleccionados para o efeito. Esta descrição dos circuitos foi organizada de acordo com os objectivos para os quais foram seleccionados.

Objectivo 2.1. Circuitos destinados a avaliar a influência do tipo de material

De forma a demonstrar a hipótese de que o tipo de material a recolher influencia a produtividade, foi seleccionado apenas um circuito apresentado no Quadro 3.3.

Trata-se de um circuito alternado, ou por substituição, realizando-se a recolha dos três fluxos de materiais (*i.e.* papel/cartão, embalagens e vidro), com a mesma viatura e equipa mas em dias diferentes da semana. É um circuito de recolha lateral, em que a equipa é constituída apenas pelo motorista, sendo que é ele que realiza na cabine da viatura as manobras necessárias para o despejo dos contentores.

De seguida, no Quadro 3.3, são descritas de forma resumida as principais características deste circuito.

Quadro 3.3. Características dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.1.

Circuitos (tipo recolha)	Tipo e capacidade dos contentores	Tipo e capacidade da viatura	Horário	Frequência	Topografia do terreno	Tipo de aglomerado
320 (Colectiva)	Grandes 121 de 2400L	Recolha lateral (25 m ³) com placa	Diurno	Diária, 2ª a sábado	Pouco acidentado	Urbano / misto

- **Circuito 320**

O circuito 320 percorre as freguesias de Rio de Mouro e Algueirão - Mem Martins, pertencentes ao concelho de Sintra. Trata-se de um circuito de recolha lateral, com 121 contentores de grande capacidade de 2400 litros. A recolha é efectuada por uma viatura de 25 m³ com compactação através de placa, com elevador lateral. Realiza-se em horário diurno, das 6h às 13h, sendo que às segundas, quartas e sábados recolhe papel/cartão, às terças e sextas-feiras recolhe embalagens e às quintas-feiras recolhe vidro. O terreno varia entre o pouco acidentado e o acidentado, a zona é do tipo urbano/misto, e inclui áreas do centro urbano e áreas residenciais de dormitório.




Figura 3.1. Circuito 320 de recolha lateral em Sintra.

Objectivo 2.2. Circuitos destinados a avaliar a influência do tipo de sistema de remoção contentor/viatura

Para este objectivo seleccionaram-se, para cada tipo de material, circuitos com diferentes sistemas de remoção contentor/viatura. No Quadro 3.4. apresenta-se as características e número dos circuitos seleccionados para cada tipo de material.

Quadro 3.4. Circuitos seleccionados para o objectivo 2.2.



Sistema de remoção contentor/viatura			Circuitos		
Tipo de recolha	Tipo e capacidade dos contentores	Tipo e capacidade da viatura	Vidro	Embalagem	Papel
Porta-a-porta	Mista – maioritariamente cestos de 35 L	Bifluxo, recolha traseira (15 m ³) com placa, e lateral (3,5 m ³) sem placa	BBP03	BBP03	
			BBP09	BBP09	
Porta-a-porta	Mista – maioritariamente cestos de 35 L	Monofluxo, recolha traseira (15 m ³) com placa			PBP05
Porta-a-porta por prédio	Mista - maioritariamente tepalhos – 240 L	Monofluxo, recolha traseira com placa	VAP01	EAP01	PAP01
Colectiva	Médios – 1100 L	Monofluxo, recolha traseira com placa	VEP01	EEP07	PEP08
Colectiva	Grandes – 2500 L	Descarga superior com grua	VEG01	EEG06	PEG09
Colectiva	Grandes – 2400 L	Recolha lateral (25 m ³) com placa	320	320	320

Assim, para o vidro foram seleccionados os seguintes seis circuitos: BBP03, BBP09, VAP01, VEP01, VEG01 e o 320 já descrito anteriormente. Procurou-se que as restantes variáveis fossem o mais semelhantes entre si, como se pode comprovar pelo resumo das suas características que se apresenta no Quadro 3.5.

Quadro 3.5. Características dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 relativamente à recolha de vidro.

Circuitos (tipo de recolha)	Tipo e capacidade dos contentores	Tipo e capacidade da viatura	Horário	Frequência	Topografia do terreno	Tipo de aglomerado
BBP03 (Porta-a-porta)	Mista (822): 763 cestos de 35 L; 4 de 90 L; 1 de 120 L; 13 de 240 L e 41 de 1100 L	Bifluxo, recolha traseira (15 m ³) com placa e lateral (3,5 m ³) sem placa	Nocturno	Semanal, 3 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
BBP09 (Porta-a-porta)	Mista (645): 577 cestos de 35 L; 22 de 240 L e 46 de 1100 L	Bifluxo, recolha traseira (15 m ³) com placa e lateral (3,5 m ³) sem placa	Nocturno	Semanal, 5 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
VAP01 (Porta-a-porta por prédio)	Mista (554): 242 de 240 L e 12 de 1100 L	Monofluxo, recolha traseira (15 m ³) com placa	Nocturno	Quinzenal, 4 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
VEP01 (Colectiva)	Médios 108 de 1100 L	Monofluxo, recolha traseira (16 m ³) com placa	Diurno	Quinzenal	Pouco acidentado	Urbano / misto
VEG01 (Colectiva)	Grandes 81 de 2500 L	Descarga superior com grua (17 m ³) sem placa	Diurno	Quinzenal	Pouco acidentado	Urbano / misto
320 (Colectiva)	Grandes 121 de 2400 L	Recolha lateral (25 m ³) com placa	Diurno	Diária, 2 ^a a sábado	Pouco acidentado	Urbano / misto

Os circuitos são efectuados por uma equipa de recolha de três elementos, um motorista e dois cantoneiros, à excepção dos circuitos VEG01 e 320. O circuito VEG01 é efectuado por uma equipa de dois elementos, um motorista e um cantoneiro. Neste caso o motorista além de conduzir a viatura tem que operar a grua de elevação efectuando a descarga dos contentores. O cantoneiro dá o apoio necessário nesta operação.

Relativamente ao circuito 320, a equipa de recolha é constituída apenas pelo motorista, sendo que é ele que efectua, na cabine da viatura, as manobras necessárias à descarga dos contentores.

De seguida apresenta-se uma descrição detalhada de cada um dos circuitos seleccionados para avaliar a influência do sistema de remoção contentor/viatura para o vidro.

▪ Circuito BBP03

Este circuito abrange as freguesias de Loures e Santa Iria da Azóia, ambas pertencentes ao concelho de Loures. Trata-se de um circuito de recolha selectiva predominantemente porta-a-porta, bifluxo, vidro e embalagens, com 1610 contentores, dos quais 822 são de recolha de vidro e 788 de recolha de embalagens.

Na recolha de vidro, tal como na recolha de embalagens, encontram-se vários tipos de contentores, sendo que dos 822 contentores, 763 são cestos de 35 litros de recolha porta-a-porta, 18 são contentores pequenos de 2 rodas de recolha porta-a-porta (4 contentores de 90 litros, 1 contentor de 120 litros, 13 contentores de 240 litros) e 41 são contentores médios com 4 rodas de 1100 litros de recolha colectiva.



Figura 3.2. Circuito BBP03, bifluxo, de recolha porta-a-porta em Loures.

Relativamente à recolha de embalagens, dos 788 contentores existentes neste circuito, 754 são cestos de 35 litros de recolha porta-a-porta e 34 são contentores pequenos de 2 rodas de recolha porta-a-porta (8 contentores de 90 litros, 1 contentor de 120 litros, 25 contentores de 240 litros). Por esta razão foi designado circuito de contentorização misto.

Este circuito é efectuado por uma viatura bifluxo, com um compartimento posterior, para as embalagens, com capacidade de 15 m³ e compactação por placa, e um compartimento lateral, para o vidro, com capacidade de 3,5 m³ sem compactação.

A recolha é efectuada em horário nocturno, das 23h às 6h, às terças-feiras. O circuito serve uma zona pouco accidentada, com um aglomerado urbano do tipo residencial de estrato socio-económico médio, contendo estabelecimentos do sector da restauração, escolas, indústrias, pelo que foi designado como urbano/misto.

▪ **Circuito BBP09**

O circuito BBP09 que abrange a freguesia de Santa Iria da Azóia, no concelho de Loures, é um circuito porta-a-porta de recolha selectiva, bifluxo, vidro e embalagens, com 1252 contentores, dos quais 645 são de recolha de vidro e 607 de recolha de embalagens.

Neste circuito podem-se encontrar vários tipos de contentores, tanto na recolha de vidro como na recolha de embalagens. Relativamente à recolha de vidro, dos 645 contentores, 577 são cestos de 35 litros de recolha porta-a-porta, 22 são contentores pequenos de 240 litros de recolha porta-a-porta e 46 são contentores médios de 1100 litros de recolha colectiva. Dos 607 contentores de recolha de embalagens, 578 são cestos de 35 litros de recolha porta-a-porta e 29 são contentores pequenos de 2 rodas de recolha porta-a-porta (2 contentores de 90 litros e 27 contentores de 240 litros). Por este motivo foi designado como circuito de contentorização misto.

Este circuito é efectuado por uma viatura bifluxo, com um compartimento posterior, para as embalagens, com capacidade de 15 m³ e compactação por placa, e um compartimento lateral, para o vidro, com capacidade de 3,5 m³ sem compactação.



Figura 3.3. Circuito BBP09, bifluxo, de recolha porta-a-porta em Loures.

A recolha é efectuada em horário nocturno, das 23h às 6h, às quintas-feiras.

O terreno é pouco acidentado, com um aglomerado urbano/misto, caracterizando-se de residencial baixo, médio e elevado, contendo estabelecimentos do sector da restauração, serviços, escolas, indústrias e a própria Câmara Municipal.

- **Circuito VAP01**

Este circuito abrange as freguesias de Loures, Frielas, Prior Velho e Portela, pertencentes ao concelho de Loures. Trata-se de um circuito de recolha porta-a-porta por prédio de recolha selectiva de vidro, com 554 contentores, dos quais 242 são contentores pequenos de 240 litros com 2 rodas e 12 são contentores médios de 1100 litros com 4 rodas.

O circuito é efectuado por uma viatura com capacidade de recolha de 15 m³ e compactação através de placa accionada hidraulicamente, no período nocturno, das 23h às 6h e com uma frequência de uma vez de 15 em 15 dias, à quarta-feira.

O terreno é pouco acidentado e o aglomerado é urbano/misto, de estrato socio-económico diversificado (*i.e.* baixo, médio e elevado), com estabelecimentos do sector da restauração, serviços, escolas, indústrias, a própria Câmara Municipal.

- **Circuito VEP01**

Este circuito abrange as freguesias de Caneças, Famões e Pontinha do concelho de Odivelas. É um circuito colectivo de recolha selectiva de vidro, com 108 contentores médios de 1100 litros com 4 rodas.

O circuito é efectuado por uma viatura com capacidade de recolha de 16 m³ e compactação através de placa accionada hidraulicamente, no período diurno, das 8h às 16h, de 15 em 15 dias.

O terreno é acidentado e o aglomerado é urbano/misto, de estrato socio-económico predominantemente médio, com estabelecimentos do sector da restauração, serviços e indústrias.

▪ **Circuito VEG01**

O circuito VEG01 abrange as freguesias de Camarate, Prior Velho, Sacavém e Moscavide, todas pertencentes ao concelho de Loures. Trata-se de um circuito colectivo de recolha selectiva de vidro, com 81 contentores de superfície, com 2500 litros.

A recolha é efectuada por uma viatura de caixa aberta, com grua e sistema de elevação de contentores para descarga superior, com compartimento de capacidade de 17 m³ sem sistema de compactação.



Figura 3.4. Circuito VEG01 de recolha colectiva de vidro em Loures.

O circuito é efectuado em horário diurno, das 8h às 16h, de 15 em 15 dias.

O terreno é pouco acidentado e o aglomerado é urbano/misto, com estabelecimentos do sector da restauração, serviços e indústrias, de estrato socio-económico diversificado (*i.e.* baixo, médio e elevado).

Para a análise da influência do sistema de remoção contentor/viatura, tendo em conta que o material removido são embalagens foram seleccionados os seguintes seis circuitos: BBP03 e BBP09, já descritos anteriormente, EAP01, EEP07, EEG06 e 320, este último também já referido. Procurou-se que as restantes variáveis fossem o mais semelhantes possíveis entre si, como se pode comprovar pelo resumo das suas características que se apresenta no Quadro 3.6.

Quadro 3.6. Características dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 relativamente recolha de embalagens.

Circuitos (tipo de recolha)	Tipo e capacidade dos contentores	Tipo e capacidade da viatura	Horário	Frequência	Topografia do terreno	Tipo de aglomerado
BBP03 (Porta-a-porta)	Mista (788): 754 cestos 35 L; 8 de 90 L; 1 de 120 L e 25 de 240 L	Bifluxo, recolha posterior (15 m ³) com placa e lateral (3,5 m ³) sem placa	Nocturno	Semanal, 3 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
BBP09 (Porta-a-porta)	Mista (607): 578 cestos 35 L; 2 de 90 L e 27 de 240 L	Bifluxo, recolha posterior (15 m ³) com placa e lateral (3,5 m ³) sem placa	Nocturno	Semanal, 5 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
EAP01 (Porta-a-porta por prédio)	Mista (495): 483 de 240 L e 12 de 1100 L	Monofluxo, recolha posterior (15 m ³) com placa	Nocturno	Semanal, 4 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
EEP07 (Colectiva)	Médios 123 de 1100 L	Monofluxo, recolha posterior (15 m ³) com placa	Diurno	Semanal, 2 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
EEG06 (Colectiva)	Grandes 83 de 2500 L	Descarga superior com grua (20 m ³) com placa	Diurno	Semanal, 2 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
320 (Colectiva)	Grandes 121 de 2400 L	Recolha lateral (25 m ³) com placa	Diurno	Diária, 2 ^a a sábado	Pouco acidentado	Urbano / misto

Os circuitos são efectuados por uma equipa de recolha de três elementos, um motorista e dois cantoneiros, à excepção dos circuitos EEG06 e 320. O circuito EEG06 é efectuado por uma equipa de dois elementos, um motorista e um cantoneiro. Neste caso o motorista além de conduzir a viatura tem que operar a grua de elevação efectuando a descarga dos contentores. O cantoneiro dá o apoio necessário nesta operação.

Relativamente ao circuito 320, a equipa de recolha é constituída apenas pelo motorista, sendo que é ele que efectua, na cabine da viatura, as manobras necessárias à descarga dos contentores.

De seguida apresenta-se uma descrição detalhada de cada um dos circuitos seleccionados para avaliar a influência do sistema de remoção contentor/viatura para o vidro.

- **Circuito EAP01**

O circuito EAP01 abrange as freguesias do Prior Velho, Portela e Loures do concelho de Loures. Trata-se de um circuito de recolha porta-a-porta por prédio de recolha selectiva de embalagens, com 495 contentores, dos quais 483 são contentores pequenos de 240 litros com 2 rodas e 12 são contentores médios de 1100 litros com 4 rodas.

O circuito é efectuado por uma viatura bifluxo, com um compartimento posterior com capacidade de 15 m³ e compactação por placa, e um compartimento lateral com capacidade de 3,5 m³ sem compactação, sendo que, como este realiza apenas a recolha de um fluxo só é utilizado o compartimento posterior para a recolha.



Figura 3.5. Circuito EAP01 de recolha porta-a-porta de embalagens em Loures.

A recolha é efectuada em horário nocturno, das 23h às 6h, às quartas-feiras.

O terreno é pouco acidentado, com um aglomerado predominantemente urbano, de estrato socio-económico médio a elevado, contendo estabelecimentos do sector da restauração, serviços, escolas, indústrias e a própria Câmara Municipal.

- **Circuito EEP07**

O circuito EEP07 abrange as freguesias de Ramada, Caneças, Famões e Pontinha do concelho de Odivelas e a freguesia de Loures, do concelho de Loures. É um circuito colectivo de recolha selectiva de embalagens, com 123 contentores grandes de 1100 litros com 4 rodas.

O circuito é efectuado por uma viatura com capacidade de recolha de 15 m³ e compactação através de placa accionada hidraulicamente, no período diurno, das 8h às 16h e com uma frequência de uma vez por semana, à segunda-feira.

O terreno é acidentado e o aglomerado é urbano/misto, de estrato socio-económico predominantemente médio, com estabelecimentos do sector da restauração, serviços e mercados.

▪ **Circuito EEG06**

Este circuito abrange as freguesias de Camarate, Sacavém, Moscavide e Prior Velho, todas pertencentes ao concelho de Loures. Trata-se de um circuito colectivo de recolha selectiva de embalagens, com 83 contentores de superfície, com 2500 litros.

A recolha é efectuada por uma viatura com grua e sistema de elevação de contentores para descarga superior, com compartimento de capacidade de 20 m³ e compactador accionado hidraulicamente.



Figura 3.6. Circuito EEG06 de recolha colectiva de embalagens em Loures.

O circuito é efectuado em horário diurno, das 8h às 16h, apenas uma vez por semana, à segunda-feira.

O terreno é pouco acidentado e o aglomerado é urbano/misto, com estabelecimentos do sector da restauração e serviços, de estrato socio-económico baixo a médio.

Relativamente à recolha de papel foram seleccionados os seguintes cinco circuitos: PBPO5, PAP01, PEP08, PEG09 e 320, este último já descrito anteriormente. Procurou-se que as restantes variáveis fossem o mais semelhantes possíveis entre si, como se pode comprovar pelo resumo das suas características que se apresenta no Quadro 3.7.

Quadro 3.7. Características dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 relativamente recolha de papel.

Circuitos (tipo de recolha)	Tipo e capacidade dos contentores	Tipo e capacidade da viatura	Horário	Frequência	Topografia do terreno	Tipo de aglomerado
PBPO5 (Porta-a-porta)	Mista (548): 547 cestos 35 L e 1 de 90 L	Monofluxo, recolha posterior (15 m ³) com placa	Nocturno	Semanal, 4 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
PAP01 (Porta-a-porta por prédio)	Mista (524): 516 de 240 L e 8 de 1100 L	Monofluxo, recolha posterior (15 m ³) com placa	Nocturno	Semanal, 4 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
PEP08 (Colectiva)	Médios 120 de 1100 L	Monofluxo, recolha posterior (15 m ³) com placa	Diurno	2 vezes por semana, 2 ^a feira e 5 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
PEG09 (Colectiva)	Grandes 81 de 2500 L	Descarga superior com grua (20 m ³) com placa	Diurno	2 vezes por semana, 2 ^a feira e 5 ^a feira	Pouco acidentado	Urbano / misto
320 (Colectiva)	Grandes 121 de 2400 L	Recolha lateral (25 m ³) com placa	Diurno	Diária, 2 ^a a sábado	Pouco acidentado	Urbano / misto

Os circuitos são efectuados por uma equipa de recolha de três elementos, um motorista e dois cantoneiros, à excepção dos circuitos PEG09 e 320. O circuito PEG09 é efectuado por uma equipa de dois elementos, um motorista e um cantoneiro. Neste caso o motorista além de conduzir a viatura tem que operar a grua de elevação efectuando a descarga dos contentores. O cantoneiro dá o apoio necessário nesta operação.

Relativamente ao circuito 320, a equipa de recolha é constituída apenas pelo motorista, sendo que é ele que efectua, na cabine da viatura, as manobras necessárias à descarga dos contentores.

De seguida apresenta-se uma descrição detalhada de cada um dos circuitos seleccionados para avaliar a influência do sistema de remoção contentor/viatura para o vidro.

- **Circuito PBP05**

O circuito PBP05 que abrange as freguesias de Loures, Santo Antão do Tojal, São Julião do Tojal e São João da Talha, no concelho de Loures, é um circuito porta-a-porta de recolha selectiva de papel e cartão, com 548 contentores, dos quais 547 são cestos de 35 litros e 1 é um contentor pequeno de 90 litros com 2 rodas.

O circuito é efectuado por uma viatura com capacidade de recolha de 15 m³ e compactação através de placa accionada hidraulicamente, no período nocturno, das 23h às 6h e com uma frequência de uma vez por semana, à quarta-feira.

O terreno é pouco acidentado, com um aglomerado urbano/misto, caracterizando-se de residencial rural, baixo e médio, contendo estabelecimentos do sector da restauração, serviços, escolas, indústrias e a própria Câmara Municipal.

- **Circuito PAP01**

Este circuito abrange as freguesias do Prior Velho e Portela, pertencentes ao concelho de Loures. Trata-se de um circuito de recolha porta-a-porta por prédio de recolha selectiva de papel e cartão, com 524 contentores, dos quais 516 são contentores pequenos de 240 litros com 2 rodas e 8 são contentores grandes de 1100 litros com 4 rodas.

O circuito é efectuado por uma viatura com capacidade de recolha de 15 m³ e compactação através de placa accionada hidraulicamente, no período nocturno, das 23h às 6h e com uma frequência de uma vez por semana, à quarta-feira.

O terreno é pouco acidentado e o aglomerado é predominantemente urbano, com estabelecimentos do sector da restauração, serviços, escolas e indústrias, de estrato socio-económico médio a elevado.

- **Circuito PEP08**

O circuito PEP08 abrange as freguesias de Ramada, Caneças, Famões e Pontinha do concelho de Odivelas. É um circuito colectivo de recolha selectiva de papel e cartão, com 120 contentores grandes de 1100 litros com 4 rodas.

O circuito é efectuado por uma viatura com capacidade de recolha de 15 m³ e compactação através de placa accionada hidraulicamente, no período diurno, das 8h às 16h e com uma frequência de duas vezes por semana, às segundas e quintas-feiras.

O terreno é acidentado e o aglomerado é urbano/misto, com estabelecimentos do sector da restauração, serviços e indústrias, de estrato socio-económico predominantemente médio.

- **Circuito PEG09**

Este circuito abrange as freguesias de Camarate e Santo António dos Cavaleiros, do concelho de Loures e a freguesia da Ramada do concelho de Odivelas. Trata-se de um circuito colectivo de recolha selectiva de papel e cartão, com 81 contentores de superfície, com 2500 litros.

A recolha é efectuada por uma viatura com grua e sistema de elevação de contentores para descarga superior, com compartimento de capacidade de 20 m³ e compactador accionado hidraulicamente.



Figura 3.7. Circuito PEG09 de recolha colectiva de papel/cartão em Loures.

O circuito é efectuado em horário diurno, das 6h às 13h, duas vezes por semana, às segundas e quintas-feiras.

O terreno é pouco acidentado e o aglomerado é urbano/misto, com estabelecimentos do sector da restauração e a Câmara Municipal, de estrato socio-económico predominantemente médio.

3.3.3 Planeamento e cronograma

Uma vez realizada a selecção dos circuitos a monitorizar e feito o design experimental de cada um dos objectivos definidos para o estudo, efectuou-se o planeamento da monitorização dos circuitos. Para isso elaborou-se um cronograma, com as datas de monitorização, a realizar pela equipa da FCT/UNL e o número de pontos de recolha a monitorizar por circuito.

De forma a conseguir uma amostra representativa, considerou-se importante que a recolha de dados tivesse, sempre que possível, em conta as variações diárias e semanais da produção de RSU. Assim, foi feito um planeamento das monitorizações de forma a recolher dados em vários dias da semana e diferentes semanas do mês.

Tendo em conta estes critérios, preparou-se um cronograma das monitorizações dos circuitos, de acordo com os objectivos, a periodicidade, o horário e a frequência de recolha de cada um dos circuitos seleccionados.

A monitorização dos pontos de recolha em cada um dos circuitos, consistiu na medição dos tempos gastos desde o instante em que a viatura pára, para despejar o(s) contentor(es), até ao instante em que arranca e se dirige para o próximo ponto de recolha. Com esta medição pretendeu-se determinar o tempo médio por ponto de recolha e uma função de relação entre o tempo e o número de contentores existentes por ponto de recolha (Moreira, 2008). Este indicador é relevante para determinar quantos contentores se podem incluir num determinado circuito.

Devido a limitações de tempo, recursos humanos e transporte, verificou-se complicado para a equipa da FCT/UNL realizar a monitorização de todos os pontos dos circuitos. Assim sendo, estabeleceu-se à partida um número mínimo razoável de pontos a monitorizar, no mínimo 20 por circuito, tendo em conta a representatividade dos resultados.

Para Loures, foi então estabelecido um período de monitorização de 18 a 29 de Junho de 2007, de forma a evitar dias festivos, feriados ou períodos de férias.

No Quadro 3.8 apresenta-se o cronograma de monitorização proposto aos SMAS de Loures.

Quadro 3.8. Cronograma apresentado aos SMAS de Loures para a monitorização dos circuitos de Loures.

2007	Circuitos											
	BBP03	BBP09	VAP01	VEP01	VEG01	EAP01	EEP07	EEG06	PBP05	PAP01	PEP08	PEG09
Datas	Noct.	Noct.	Noct.	Diurno	Diurno	Noct.	Diurno	Diurno	Noct.	Noct.	Diurno	Diurno
18 a 29 de Junho												
18 2ª								20				
19 3ª	20											
20 4ª			20						20			
21 5ª		20			20							
22 6ª												
23 Sab												
24 Dom												
25 2ª				20			20					
26 3ª												
27 4ª						20				20		
28 5ª											20	20
29 6ª												
Nº pontos recolha a monitorizar	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Após a apresentação e discussão do cronograma de monitorização com os responsáveis da recolha de resíduos dos SMAS de Loures, verificou-se necessário realizar algumas modificações.

Este facto prendeu-se principalmente com as datas propostas para monitorização de alguns circuitos, como o VEP01 e o VEG01, que não têm dias específicos para a sua realização.

A segunda versão do cronograma apresentado aos SMAS de Loures, também viria a ser alterada ao longo do trabalho, devido à disponibilidade de recursos por parte dos SMAS de Loures, como transporte e recursos humanos, para a realização das monitorizações em determinados dias.

Também houve alterações em relação ao número de pontos de recolha a monitorizar, uma vez que sempre que possível eram registados mais pontos que o estipulado inicialmente. Este facto deveu-se ao desejo de obter de um maior grau de confiança no cálculo dos indicadores dos circuitos, que só seria alcançado com um maior número de dados recolhidos.

Face ao exposto e de acordo com as restrições e alterações mencionadas, apresenta-se no Quadro 3.9 o cronograma final correspondente às monitorizações realizadas aos circuitos de Loures.

Quadro 3.9. Cronograma das monitorizações efectuadas nos circuitos de Loures.

2007	Circuitos											
	BBP03	BBP09	VAP01	VEP01	VEG01	EAP01	EEP07	EEG06	PBP05	PAP01	PEP08	PEG09
Datas	Noct.	Noct.	Noct.	Diurno	Diurno	Noct.	Diurno	Diurno	Noct.	Noct.	Diurno	Diurno
18 a 30 de Junho												
18 2ª								20				
19 3ª	49			22								
20 4ª			22			27			32			
21 5ª		33										
22 6ª												
23 Sab												
24 Dom												
25 2ª							20				20	
26 3ª												
27 4ª										20		
28 5ª												20
29 6ª												
30 Sab					20							
Nº pontos recolha monitorizados	49	33	22	22	20	27	20	20	32	20	20	20

Quanto ao planeamento realizado para Sintra, este foi bastante mais fácil de realizar, uma vez que a monitorização era relativa a um só circuito.

Assim foi programado o cronograma de monitorizações aos circuitos seleccionados, a realizar de 10 a 14 de Julho de 2007, que se apresenta no Quadro 3.10.

Inicialmente tinha-se previsto um número mínimo de 20 pontos de recolha a monitorizar por circuito. Contudo, foi possível efectuar a monitorização do circuito 320 por completo, devido ao facto da equipa da FCT/UNL poder acompanhar o circuito no interior da viatura. No entanto, no dia em que a equipa da FCT/UNL acompanhou o circuito de papel/cartão houve um problema com a viatura pelo que teve que se terminar o circuito, assim sendo só foi possível registar os tempos de recolha de 106 pontos de paragem. No

Quadro 3.10. apresentam-se os números de pontos de recolha efectivamente monitorizados em cada um dos circuitos.

Quadro 3.10. Cronograma das monitorizações efectuadas nos circuitos de Sintra

2007			Circuitos		
			320 Papel/Cartão	320 Vidro	320 Embalagens
Datas			Diurno	Diurno	Diurno
10 a 14 de Julho					
	9	2 ^a			
	10	3 ^a			121
	11	4 ^a			
	12	5 ^a		121	
	13	6 ^a			
	14	Sab	106		
	15	Dom			
Nº pontos recolha monitorizados			106	121	121

O número de monitorizações de pontos de recolha variou de circuito para circuito, em função dos objectivos, características dos circuitos, recursos disponíveis e contratempos não previstos. No total realizaram-se 652 monitorizações, distribuídas pelos diferentes circuitos como se apresenta no Quadro 4.6.

Quadro 3.11. Número monitorizações efectuadas em cada um dos circuitos seleccionados.

Circuitos												
BBP03	BBP09	VAP01	VEP01	VEG01	EAP01	EEP07	EEG06	PBP05	PAP01	PEP08	PEG09	320
49	32	22	22	20	27	20	20	32	20	20	20	348

3.4 PROCEDIMENTOS

De forma a determinar os indicadores propostos realizaram-se várias monitorizações dos pontos de recolha dos circuitos seleccionados e consultaram-se as Folhas de Serviço que são preenchidas pelos motoristas ao longo do circuito. Estas permitiram obter os restantes dados necessários à análise dos circuitos seleccionados, como os tempos e quilómetros percorridos, quantidades de resíduos recolhidos e outras informações importantes para objectivos propostos.

No dia 18 de Junho de 2007, às 8h, iniciou-se a monitorização dos circuitos de Loures. Desta forma, a equipa da FCT/UNL apresentou-se às 7h30 na garagem dos SMAS de Loures, em Sete Casas (Figura 3.1), local de onde partem as viaturas que efectuem a recolha selectiva de RSU.



Figura 3.8. Garagem de Sete Casas, Loures.

Os procedimentos realizados para a monitorização dos pontos de recolha em cada um dos circuitos foram os seguintes:

- No momento de saída da garagem da viatura de recolha do circuito em estudo, procedia-se ao acompanhamento da mesma, em viatura própria;
- À chegada ao primeiro ponto de recolha do circuito, iniciou-se a contagem do tempo de recolha, com o apoio do cronómetro “Junso Chronograph 1/100”. Para a contagem do tempo dispendido na descarga, por ponto de recolha, considerou-se como início o instante em que a viatura pára, e como fim o instante em que a viatura inicia a marcha para o próximo ponto de recolha. Estes dados foram registados num Boletim de Registo de Loures da equipa da FCT/UNL, apresentado no Anexo II. Registou-se também o número e a capacidade dos contentores recolhidos em cada ponto de recolha;
- Ocasionalmente, a equipa da FCT/UNL acompanhava os circuitos dentro da própria viatura de recolha selectiva de RSU, como se pode ser na Figura 3.9. Tal só era possível em alguns circuitos, em que a viatura levava apenas um cantoneiro, ou em alguns troços dos circuitos em que os cantoneiros não precisavam de ser transportados dentro das viaturas de recolha;



Figura 3.9. Acompanhamento dos circuitos dentro das viaturas de recolha.

- Repetiu-se o procedimento para os restantes pontos, e quando terminada a monitorização regressou-se à garagem dos SMAS em Sete Casas;
- Caso houvesse mais que um circuito a acompanhar nesse dia, uma vez terminada a monitorização do primeiro, a equipa da FCT/UNL pedia ao motorista da viatura para contactar via rádio, o motorista do próximo circuito a monitorizar, para saber a sua localização, uma vez que este circuito já tinha iniciado. A equipa da FCT/UNL deslocava-se então até ao local onde se encontrava a decorrer o circuito em questão e iniciava uma nova monitorização de acordo com os procedimentos já descritos.

Nos dias de monitorização dos circuitos nocturnos, a equipa da FCT/UNL comparecia na garagem dos SMAS de Loures, no Fanqueiro, às 22h30 (Figura 3.3).



Figura 3.10. Equipa da FCT/UNL, acompanhada dos motoristas e cantoneiros do turno da noite, na Garagem do Fanqueiro.

Neste local encontrava-se um colaborador destacado a acompanhar a equipa da FCT/UNL numa viatura dos SMAS de Loures. Neste caso, o procedimento de monitorização era igual ao dos circuitos diurnos.

- Excepcionalmente, nos dias em que a equipa da FCT/UNL acompanhava vários circuitos numa noite, podia ocorrer iniciar a monitorização de um circuito no momento em que este se encontrava a terminar um frete. Nestes casos a equipa da FCT/UNL acompanhava a viatura ao local de deposição, registando os tempos de chegada e saída ao centro de triagem da Valorsul.

A monitorização do circuito de recolha selectiva lateral de RSU em Sintra iniciou-se no dia 10 de Julho de 2007, às 6h. A equipa da FCT/UNL apresentou-se às 5h30, na garagem da HPEM na Terrugem, local de onde partem, as viaturas de recolha de RSU.

Os procedimentos realizados para a monitorização dos pontos de recolha deste circuito foram os seguintes:

- Aquando da saída da viatura de recolha do circuito em estudo, procedia-se ao acompanhamento da mesma, no interior da viatura, uma vez que este circuito, por não ter cantoneiros, tinha lugar na cabine para a equipa da FCT/UNL (Figura 3.4);



Figura 3.11. Acompanhamento do circuito 320 de Sintra.

- O registo dos tempos de paragem por ponto de recolha foi efectuado da mesma forma que em Loures. Registou-se também o número e a capacidade dos contentores recolhidos em cada ponto de recolha. Estes dados foram registados no Boletim de Registo de Sintra da equipa da FCT/UNL, apresentado no Anexo IV. Como este circuito foi acompanhado na totalidade, foi possível registar as horas de chegada e saída da Tratólixo, no final de cada frete;
- Repetiu-se o procedimento para os restantes pontos, e quando finalizada a monitorização regressava-se à garagem da HPEM, na Terrugem.

3.5 TRATAMENTO DOS DADOS RECOLHIDOS

Considerou-se relevante para a análise dos circuitos de recolha selectiva de RSU, determinar a função que relaciona o tempo médio por ponto de recolha com o número de contentores existentes por ponto, utilizando-se para este efeito uma regressão linear simples. Para este estudo, e ignorando os factores residuais e erros de medição, a equação utilizada foi a seguinte:

$$y = a + bx$$

Em que:

y= Tempos médios esperados por ponto de recolha

x= Número de contentores por ponto de recolha

a= Coeficiente linear ou intercepto da recta

b = Coeficiente angular ou declividade da recta

De forma a avaliar o ajustamento dos dados à recta de regressão, utilizou-se o coeficiente de determinação R^2 (o quadrado do coeficiente de correlação de Pearson).

Para obter a caracterização de cada um dos circuitos em estudo, determinou-se os indicadores operacionais seleccionados a partir dos valores médios dos dados registados nos Boletins de Registos em cada monitorização realizada ao circuito.

A avaliação da influência de cada uma das duas variáveis operacionais seleccionadas nos indicadores de produtividade dos circuitos foi feita a partir da comparação dos indicadores de produtividade obtidos para cada um dos circuitos em estudo. Estes indicadores foram obtidos da mesma forma que os indicadores operacionais, isto é, a partir de valores médios dos dados registados em cada uma das monitorizações efectuadas aos circuitos.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 NOTA PRÉVIA

Como definido previamente na metodologia, este trabalho tem como base dois objectivos. O primeiro, consiste na determinação de indicadores operacionais que possam ser utilizados como ferramentas em projecto de circuitos de recolha selectiva e, o segundo avaliar de que forma as variáveis operacionais podem fazer variar os indicadores de produtividade dos circuitos, indicadores medidos a partir das monitorizações que se realizaram aos circuitos seleccionados para este estudo.

No presente capítulo os resultados apresentam-se organizados segundo estes objectivos. No ponto 4.2 os valores dos indicadores operacionais obtidos para os treze circuitos monitorizados e no ponto 4.3 a discussão da influência das variáveis operacionais nos indicadores de produtividade, demonstrando a influência que cada variável tem.

Todos os dados das folhas de registo utilizados para este estudo foram obtidos a partir das campanhas de monitorização que decorreram entre os dias 18 a 30 de Junho de 2007 nos circuitos de Loures e entre os dias 10 a 14 de Julho de 2007 no circuito de Sintra.

Quadro 4.1. Número de pontos de recolha monitorizados e número de folhas de registo dos circuitos analisadas.

Circuitos	Nº de pontos de recolha monitorizados pela equipa da FCT/UNL	Nº de Folhas de Registo analisadas
BBP03	49	5
BBP09	32	6
VAP01	22	6
VEP01	22	4
VEG01	20	4
320 Vidro	121	6
EAP01	27	7
EEP07	20	9
EEG06	20	7
320 Embalagens	121	10
PBP05	32	8
PAP01	20	6
PEP08	20	10
PEG09	20	10
320 Papel	106	14
Total	652	112

O Quadro 4.1 relaciona o número de pontos de recolha monitorizados em cada circuito com o número de folhas de registo analisadas, correspondendo cada uma a um dia de

recolha. Ao todo analisaram-se 112 folhas de registo dos circuitos e monitorizaram-se 652 pontos de recolha.

4.2 INDICADORES OPERACIONAIS OBTIDOS PARA OS CIRCUITOS ANALISADOS

4.2.1 Capacidade instalada

Como se pode verificar, pelos dados apresentados no Quadro 4.2, a capacidade de contentorização varia de circuito para circuito.

É possível observar que a capacidade de contentorização instalada mais elevada é a do circuito 320 de Sintra, e seguidamente as dos circuitos EEG06, VEG01 e PEG09.

Os circuitos PBP05, VAP01, EAP01 são os que apresentam as capacidades de contentorização instaladas mais baixas.

Quadro 4.2. Capacidade de contentorização instalada nos circuitos monitorizados.

Circuitos	Capacidade Instalada por Circuito (m³)			
	Vidro	Embalagens	Papel/Cartão	Total
BBP03	75,4	33,2		108,6
BBP09	76,1	26,9		103,0
VAP01	71,3			71,3
VEP01	118,8			118,8
VEG01	202,5			202,5
320 Vidro	290,4			290,4
EAP01		129,1		129,1
EEP07		135,3		135,3
EEG06		207,5		207,5
320 Embalagens		290,4		290,4
PBP05			19,2	19,2
PAP01			132,6	132,6
PEP08			132,0	132,0
PEG09			202,5	202,5
320 Papel			290,4	290,4

No Quadro 4.3 é possível observar o tipo de contentores instalado em cada um dos circuitos acompanhados.

Quadro 4.3. Tipo de contentores instalados nos circuitos monitorizados.

Circuitos	Tipo de contentores			
	Vidro	Embalagens	Papel/Cartão	Total
BBP03	763 cestos + 18 pequenos + 41 médios	754 cestos + 34 pequenos		1517 cestos + 52 pequenos + 41 médios
BBP09	577 cestos + 22 pequenos + 46 médios	578 cestos + 29 pequenos		1155 cestos + 51 pequenos + 46 médios
VAP01	242 pequenos + 12 médios			242 pequenos + 12 médios
VEP01	108 médios			108 médios
VEG01	81 grandes			81 grandes
320 Vidro	121 grandes			121 grandes
EAP01		483 pequenos + 12 médios		483 pequenos + 12 médios
EEP07		123 médios		123 médios
EEG06		83 grandes		83 grandes
320 Embalagens		121 grandes		121 grandes
PBP05			547 cestos + 1 pequeno	547 cestos + 1 pequeno
PAP01			516 pequenos + 8 médios	516 pequenos + 8 médios
PEP08			120 médios	120 médios
PEG09			81 grandes	81 grandes
320 Papel			121 grandes	121 grandes

Através da análise dos valores estatísticos representados na Figura 4.1, é possível verificar que o valor máximo corresponde ao circuito com maior capacidade instalada, o 320 de Sintra, com contentores de recolha lateral, e o valor mínimo ao circuito com menor capacidade instalada, o PBP05, com cestos de 35 L.

A média obtida relativa ao valor da capacidade de contentorização destes treze circuitos é de 162,2 m³, sendo os circuitos mais aproximados deste valor o EEP07 e o PAP01.

Verifica-se que a capacidade de contentorização do circuito PAP01 corresponde à mediana e é também possível verificar que as capacidades de contentorização dos circuitos VEP01, VEG01, EAP01, EEP07, PAP01, PEP08, PEG09 se encontram dentro do intervalo interquartil.

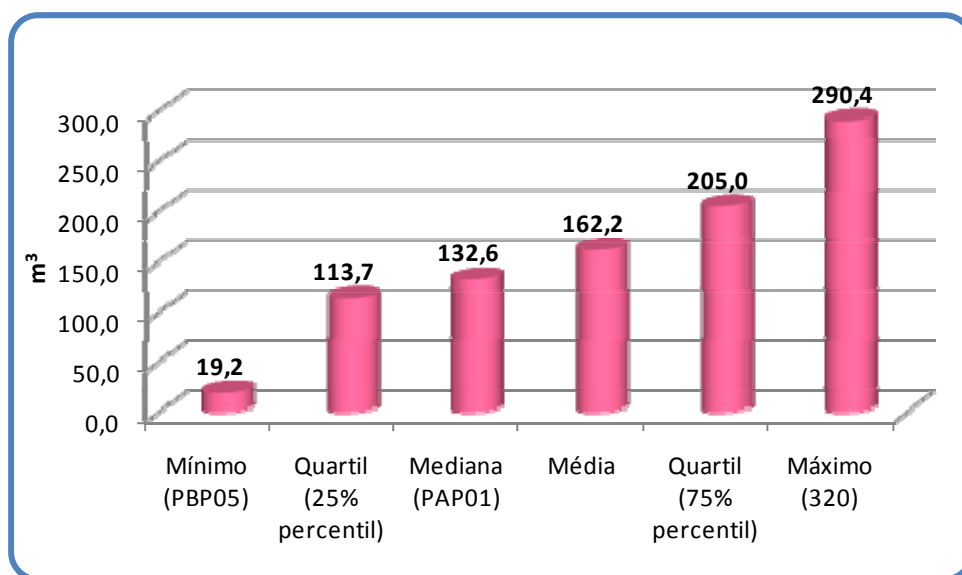
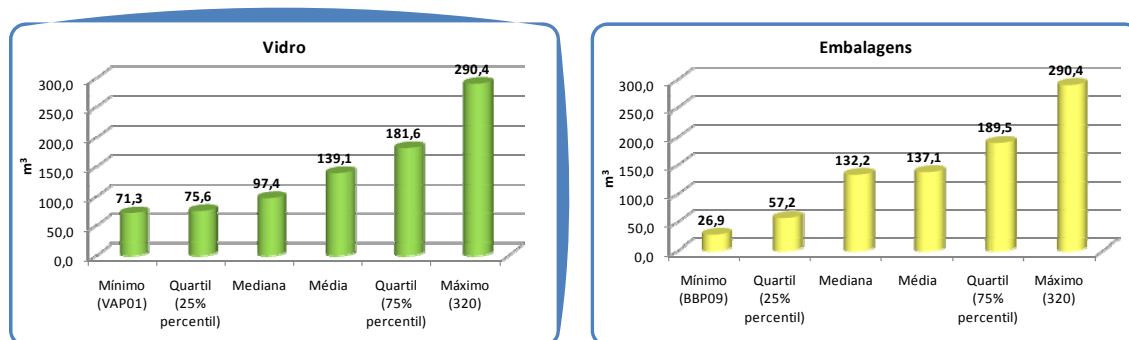


Figura 4.1. Valores estatísticos relativos à capacidade de contentorização dos circuitos analisados.

Relativamente às capacidades de contentorização instaladas para os diferentes tipos de materiais, é possível verificar através da Figura 4.2, que uma vez mais o circuito 320 de Sintra corresponde ao valor máximo. Verifica-se também que o valor mínimo de capacidade de contentorização instalada para o papel/cartão corresponde ao circuito PBP05, com cestos de 35 L, para as embalagens corresponde ao circuito BBP09, com cestos de 35 L e contentores pequenos; e para o vidro ao circuito VAP01, com contentores médios.

A mediana obtida relativa ao valor da capacidade de contentorização instalada para o papel/cartão foi de 132,6 m³, correspondendo ao circuito PAP01, com contentores pequenos e médios.



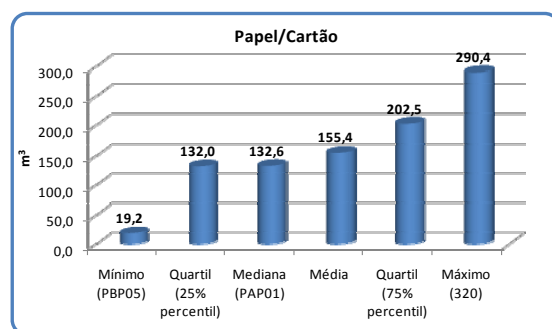


Figura 4.2. Valores estatísticos relativos à capacidade de contentorização dos circuitos analisados classificados por tipo de material.

4.2.2 Quantidade média de RSU recolhidos por dia de recolha

Na Figura 4.3 apresentam-se as quantidades médias recolhidas por dia e por circuito. Através da análise destes dados, observam-se três grupos distintos de circuitos de acordo com o tipo de material recolhido.

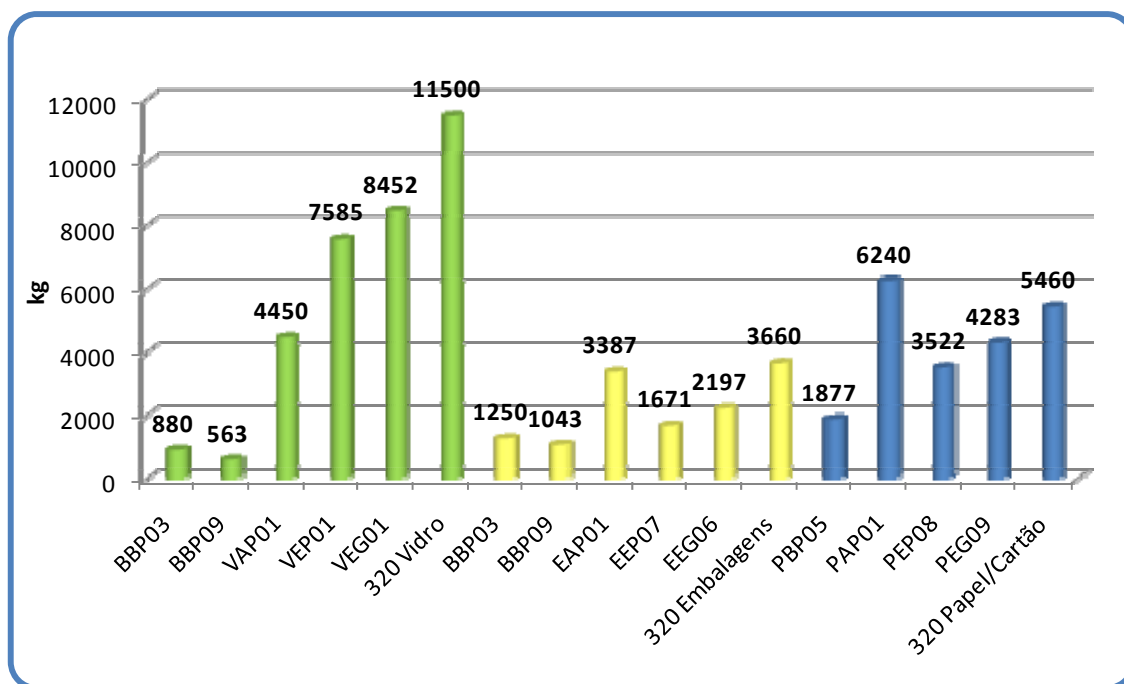


Figura 4.3. Quantidade média de RSU recolhidos por circuito e por dia de recolha.

O circuito 320 de vidro destaca-se nitidamente em relação aos outros pela quantidade recolhida, cerca de 11500 kg, que representa praticamente o dobro da recolhida no circuito PAP01, com 6240 kg, e o triplo da do circuito 320 de embalagens, com 3660 kg.

Os valores mínimos de quantidades médias de RSU recolhidos verificam-se para o BBP09, tanto para o vidro como para as embalagens, com respectivamente, 563 kg e 1043 kg, e para o PBP05, com 1877 kg.

Comparando estes resultados com a capacidade de contentorização existente em cada um dos circuitos (Quadro 4.2) seria de esperar uma relação directa entre estes dois indicadores, isto é, a uma maior quantidade de RSU recolhida corresponderia uma maior capacidade instalada de contentorização e vice-versa. No entanto, esta relação nem sempre se verifica. Relativamente ao vidro, o circuito VAP01 (71,3 m³) embora seja o que tem uma menor capacidade instalada, recolhe uma quantidade média de RSU superior à dos circuitos BBP03 e BBP09, tendo estes capacidades instaladas superiores.

Esta relação também não se verifica para as embalagens e papel/cartão no EAP01 (129,1 m³) e PAP01 (132,6 m³) que recolhem uma maior quantidade média de RSU comparativamente a outros circuitos de recolha do mesmo material com menor capacidade de contentorização.

Isto poderá indicar que a frequência de recolha destes circuitos não se encontra bem ajustada à capacidade de contentorização instalada.

De forma a estimar a taxa de utilização dos contentores, apresentada no Quadro 4.4, considerou-se para o peso específico do vidro o valor de 200 kg/m³ (Martinho, 2008), para o peso específico das embalagens 46,2 kg/m³ (4) e para o peso específico do papel/cartão o valor de 46,2 kg/m³ (5).

4 Valor médio calculado a partir do valor obtido numa aula prática de Gestão de Resíduos, tendo por base a pesagem de 2 papelões do Campus da FCT (20,40 kg/m³), e o valor indicado pela AMBILITAL *vide* Pinela (2009) (72 kg/m³).

5 Valor médio calculado a partir do valor - valor obtido numa aula prática de Gestão de Resíduos tendo por base a pesagem de 3 papelões do Campus da FCT (40 kg/m³) e o valor indicado pela AMBILITAL *vide* Pinela (2009) (56,25 kg/m³).

Quadro 4.4. Factor de utilização dos contentores existentes em cada um dos circuitos.

Circuitos	Factor de utilização dos contentores (%)		
	Peso específico do vidro 200 (kg/m ³)	Peso específico das embalagens 46,2 (kg/m ³)	Peso específico do papel/cartão 48,1 (kg/m ³)
BBP03	5,8		
BBP09	3,7		
VAP01	31,2		
VEP01	31,9		
VEG01	20,9		
320 Vidro	19,8		
BBP03		81,4	
BBP09		84,0	
EAP01		56,8	
EEP07		26,7	
EEG06		22,9	
320 Embalagens		27,3	
PBP05			202,7
PAP01			97,8
PEP08			55,4
PEG09			52,9
320 Papel/Cartão			39,1
Mínimo	3,7	22,9	39,1
Quartil (25% percentil)	9,3	26,9	52,9
Mediana	20,3	42,0	55,4
Média	18,9	49,9	89,6
Quartil (75% percentil)	28,6	75,3	97,8
Máximo	31,9	84,0	202,7

Observando o Quadro 4.4, constata-se que em relação ao vidro, os circuitos BBP03 e BBP09, com as capacidades de contentorização mais baixas são os que têm taxas de utilização mais baixas. A taxa de utilização mais elevada verifica-se para o circuito VEP01 de recolha colectiva, com contentores de 1100 L, não sendo este o circuito com a capacidade de contentorização mais elevada para o vidro. O circuito 320 de vidro, com a capacidade de contentorização e quantidades de resíduos mais elevadas aparece em 4º

lugar em termos de factor de utilização, podendo este facto revelar que a capacidade de contentorização não se encontra adequada ao circuito, uma vez que a sua frequência é semanal.

Relativamente às embalagens, verifica-se que o extremo máximo corresponde ao circuito BBP09, que apresenta a maior taxa (ou factor) de utilização, e o extremo mínimo correspondente ao circuito EEG06 (a menor taxa de utilização). É interessante constatar que o BBP09 possui a capacidade de contentorização mais baixa e o EEG06 uma das capacidades de contentorização mais elevadas, o que revela uma desadequação das capacidades de contentorização. O circuito que apresenta uma melhor relação entre a capacidade de contentorização e o factor de utilização é o EAP01.

Para o papel/cartão, é possível observar que a mais elevada taxa de utilização é a do circuito PBP05, no entanto este circuito é o que apresenta a menor capacidade de contentorização. É para o circuito 320 de papel/cartão de capacidade de contentorização mais elevada, que se verifica a taxa de utilização mais baixa. Mais uma vez verifica-se uma desadequação das capacidades de contentorização.

Evidentemente que esta análise parte do pressuposto que num determinado dia de recolha todos os recipientes de deposição dos RSU são recolhidos, o que de facto nem sempre acontece. No caso dos circuitos porta-a-porta a taxa de colocação dos recipientes à porta nem sempre é igual, ou seja, nem todos os recipientes são apresentados à recolha. No caso das recolhas colectivas pode acontecer que alguns contentores não sejam recolhidos por não terem uma quantidade de resíduos que justifique a sua recolha.

4.2.3 Consumo médio de combustível por circuito

O consumo de combustível está relacionado com o tipo de viatura (*i.e.* viaturas com maior capacidade de carga e mais mecanizadas consomem mais), com a idade e as condições de manutenção das viaturas, com o tipo de material a recolher (*i.e.* materiais mais pesados levam a um maior aumento no peso da viatura, pelo que esta consome mais combustível) e com o tipo de recolha (*i.e.* um veículo de recolha porta-a-porta, em que a viatura está no pára-arranca consumirá mais combustível), para além de outros factores como a topografia do terreno (*i.e.* mais acidentado, mais consumo) e as condições de trânsito (*i.e.* em fila consumirá mais).

De seguida apresentam-se os valores médios obtidos para o consumo de combustível das viaturas que efectuaram a recolha no período da campanha de monitorização (Quadro 4.5).

Quadro 4.5. Consumo médio de combustível por circuito

Circuitos	Consumo médio de combustível por circuito (l/100 km)	Tipo e Capacidade da viatura (m³)	Tipo de recolha
BBP03	61,1	Bifluxo, recolha traseira (15 m³) com placa, e lateral (3,5 m³) sem placa	Porta-a-porta
BBP09	62,1	Bifluxo, recolha traseira (15 m³) com placa, e lateral (3,5 m³) sem placa	Porta-a-porta
VAP01	62,8	Monofluxo, recolha traseira (15 m³) com placa	Porta-a-porta por prédio
VEP01	49,8	Monofluxo, recolha traseira (16 m³) com placa	Colectivo
VEG01	78,3	Descarga superior com grua (17 m³) sem placa	Colectivo
320 Vidro	87,2	Recolha lateral (25 m³) com placa	Colectiva
EAP01	59,3	Bifluxo, recolha traseira (15 m³) com placa, e lateral (3,5 m³) sem placa	Porta-a-porta por prédio
EEP07	53,6	Monofluxo, recolha traseira (15 m³) com placa	Colectivo
EEG06	65,0	Descarga superior com grua (20 m³)	Colectivo
320 Embalagens	84,6	Recolha lateral (25 m³) com placa	Colectiva
PBP05	52,1	Monofluxo, recolha traseira (15 m³) com placa	Porta-a-porta
PAP01	53,7	Monofluxo, recolha traseira (15 m³) com placa	Porta-a-porta por prédio
PEP08	53,2	Monofluxo, recolha traseira (15 m³) com placa	Colectivo
PEG09	94,6	Descarga superior com grua (20 m³) com placa	Colectivo
320 Papel/Cartão	83,2	Recolha lateral (25 m³) com placa	Colectiva
Mínimo (VEP01)	49,8		
Quartil (25% percentil)	53,6		
Mediana (BBP09)	62,1		
Média	66,7		
Quartil (75% percentil)	80,7		
Máximo (PEG09)	94,6		

Observando o Quadro 4.5, é possível verificar que estas viaturas consomem em média 66,7 litros aos 100 km. As viaturas que efectuam o circuito PEG09, de recolha com grua, e as que realizam o circuito 320 de vidro e 320 de embalagens, de recolha lateral, apresentam os maiores consumos de combustível aos 100 km, respectivamente, 94,6 litros, 87,2 litros e 84,6 litros. O maior consumo de combustível por parte destas viaturas poderá dever-se à maior mecanização das operações de recolha dos contentores. É de notar também que estas viaturas são as que possuem maior capacidade de carga.

4.2.4 Tempo/distância total do circuito

De forma a calcular o tempo total do circuito calculou-se o valor médio dos tempos totais obtidos nos dias de acompanhamento e monitorização dos circuitos e da informação registada nas folhas de serviço pelos respectivos motoristas, durante o período da campanha de monitorização.

Na Figura 4.4, apresentam-se os tempos médios totais obtidos para cada um dos circuitos analisados.

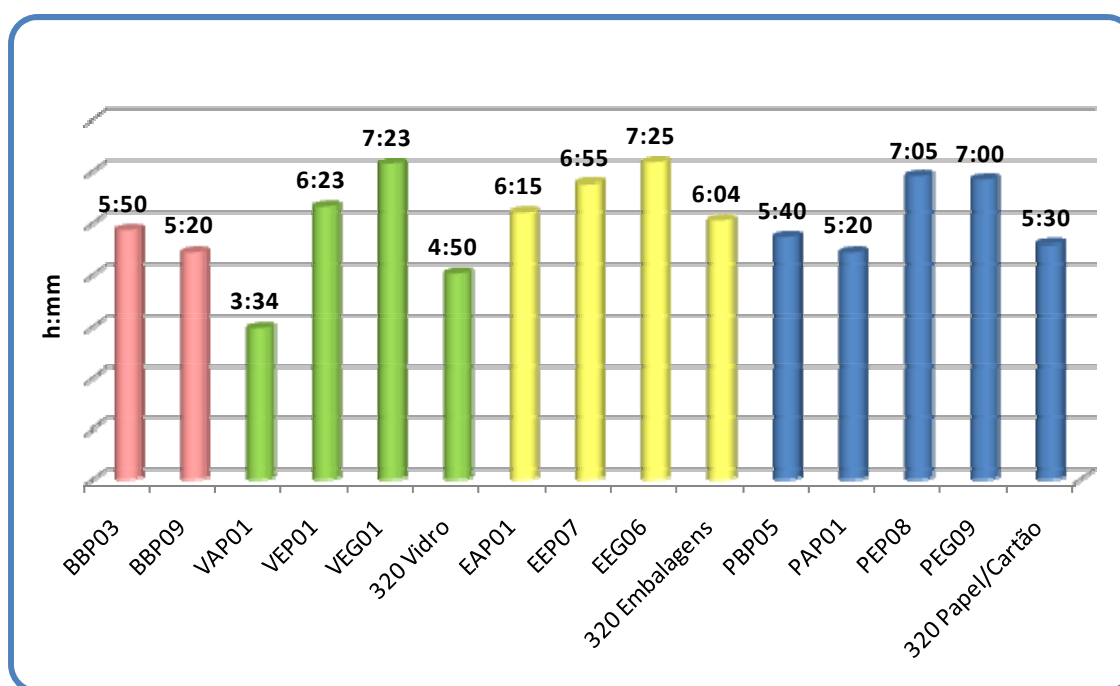


Figura 4.4. Tempos médios totais de recolha por circuito.

Comparando os dados da Figura 4.4 e do Quadro 4.6, é possível observar que os circuitos que se encontram melhor equilibrados em termos de horas de trabalho efectuadas pelas equipas de recolha, são os EEG06, VEG01, PEP08 e PEG09. Estes são circuitos diurnos.

Nos circuitos nocturnos, onde se encontrou o maior desfasamento, como o VAP01, verificou-se que a operação de recolha é efectuada mais rapidamente, pois findo o circuito, os colaboradores podem descansar o tempo restante.

Relativamente ao circuito 320, que se realiza em Sintra, é também possível verificar algum desequilíbrio no tempo total do circuito, isto porque uma vez finalizado o circuito, os colaboradores podem dar por terminado o trabalho.

Quadro 4.6. N° de horas de trabalho por turno de cada um dos circuitos seleccionados.

N° de horas de trabalho por turno (h)												
BBP03	BBP09	VAP01	VEP01	VEG01	EAP01	EEP07	EEG06	PBP05	PAP01	PEP08	PEG09	320
7	7	7	8	8	7	8	8	7	7	8	8	8

Os circuitos em que a operação de recolha é mais morosa, devido à sua natureza, são o BBP03 e o BBP09, de recolha porta-a-porta, onde predominam os cestos de 35 L. Os circuitos menos trabalhosos, uma vez que são mais mecanizados, são o EEG06 e o PEG09, onde a recolha é colectiva, efectuada com grua e os contentores têm capacidade de 2500 L.

Neste caso, os circuitos porta-a-porta BBP03 e BBP09 realizaram-se em menos tempo que os circuitos EEG09 e PEG09, de recolha colectiva. Mais uma vez, este facto deve-se provavelmente a estes serem circuitos nocturnos.

Através da Figura 4.5, verifica-se que os circuitos, EEG06, VEG01, PEP08 e PEG09, como foi referido anteriormente, são bastante equilibrados.

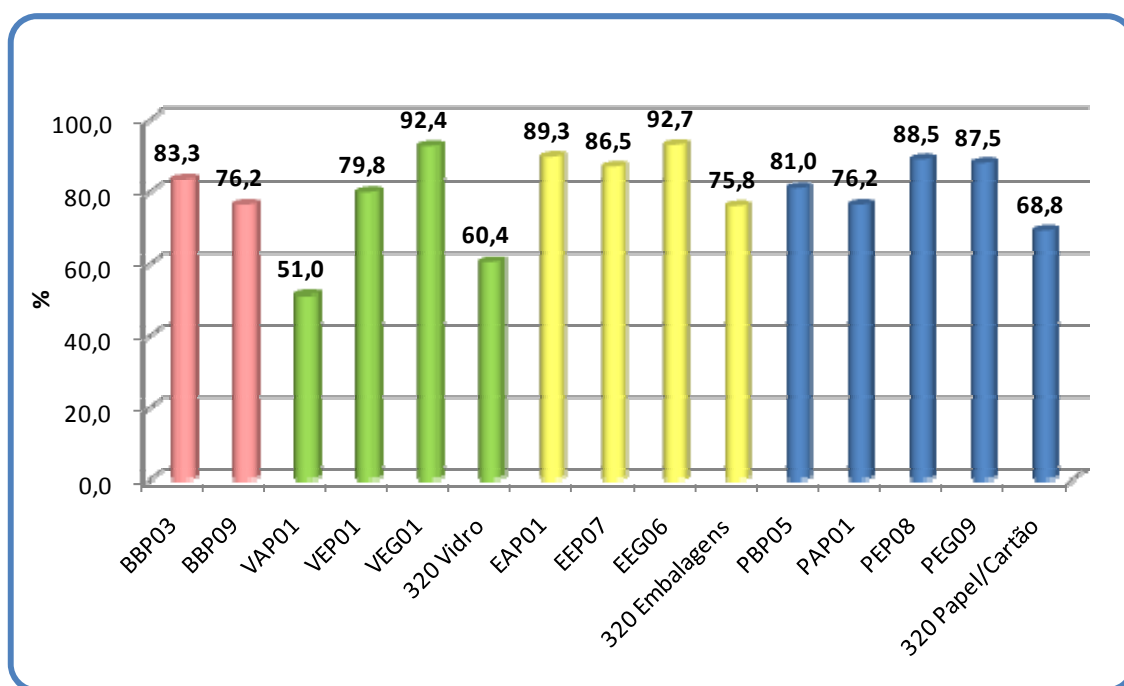


Figura 4.5. Relação entre o número de horas de trabalho por turno e o tempo médio total de recolha do circuito, para cada um dos circuitos.

Relativamente às distâncias médias totais percorridas em cada circuito, apresentadas na Figura 4.6, também se verifica uma disparidade de mais de 40 km entre o circuito mais longo, o VEG01, e o mais curto, o VAP01.

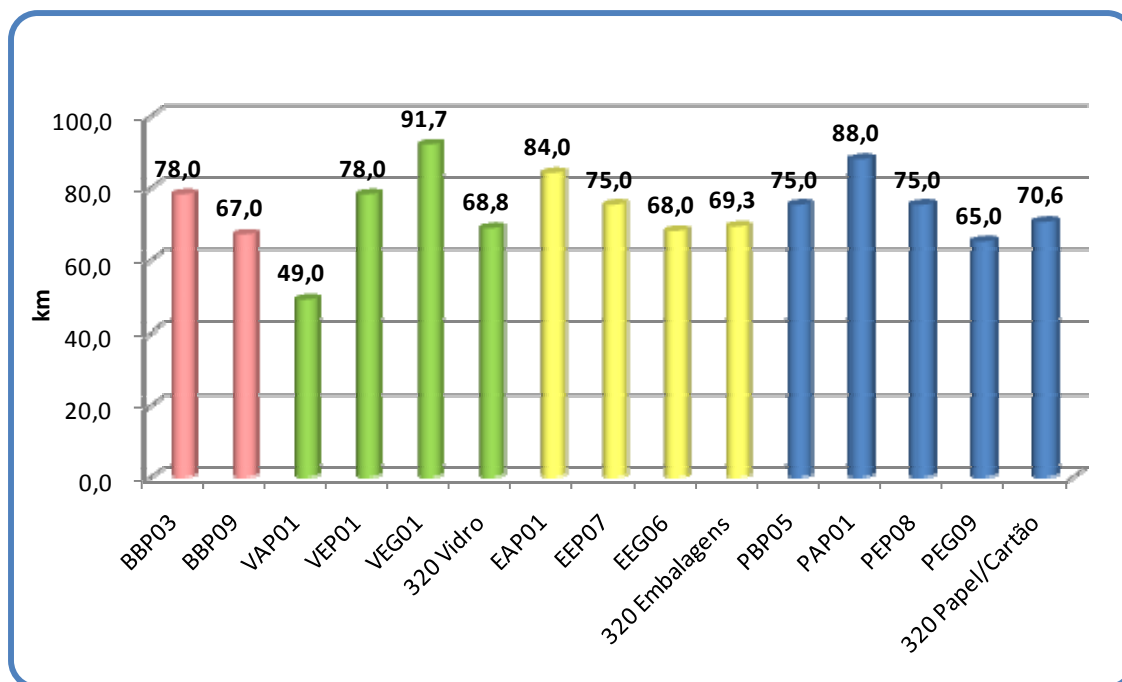


Figura 4.6. Distâncias médias totais percorridas por circuito.

O circuito VAP01, cujo tempo total foi menor, corresponde ao menor número de quilómetros percorridos, exactamente 49 km, verificando-se neste caso uma relação entre as variáveis tempo e distância.

No entanto, em relação aos restantes circuitos não é possível apurar uma relação directa entre as variáveis tempo e distância total do circuito. Provavelmente isto deve-se aos factos já apontados das diferenças entre os circuitos nocturnos e diurnos, entre outros factores.

Em relação aos circuitos BBP03 e BBP09, ambos bifluxo, é possível verificar na Figura 4.7 que a maior parte do tempo e distância do circuito é ocupado na recolha de embalagens, isto possivelmente porque as quantidades médias de resíduos de embalagens recolhidas são superiores às de vidro.

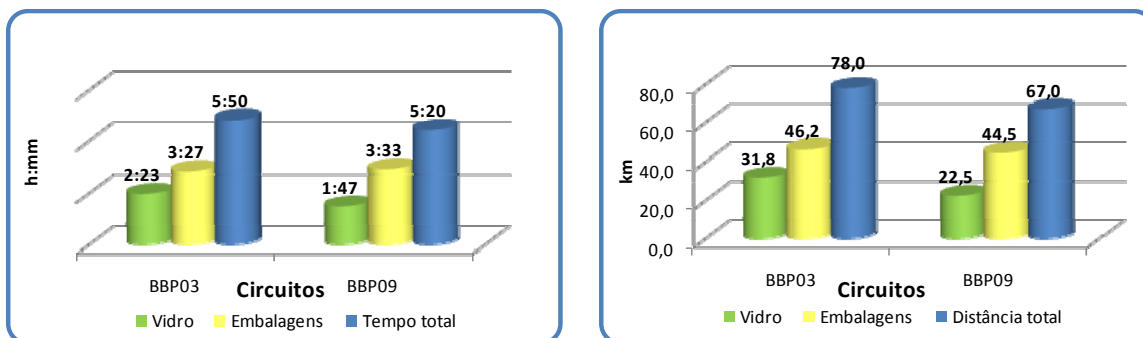


Figura 4.7. Tempo e distâncias médias totais percorridas nos circuitos BBP03 e BBP09 por tipo de material.

4.2.5 Tempo/distância efectiva de recolha

Na Figura 4.8 encontram-se representados os tempos médios efectivos de recolha dos doze circuitos estudados.

É possível verificar que ao menor tempo efectivo de recolha corresponde o circuito VAP01 e ao maior o circuito EEG06. É possível comprovar então a relação entre as variáveis tempo total do circuito e o tempo efectivo de recolha nestes casos.

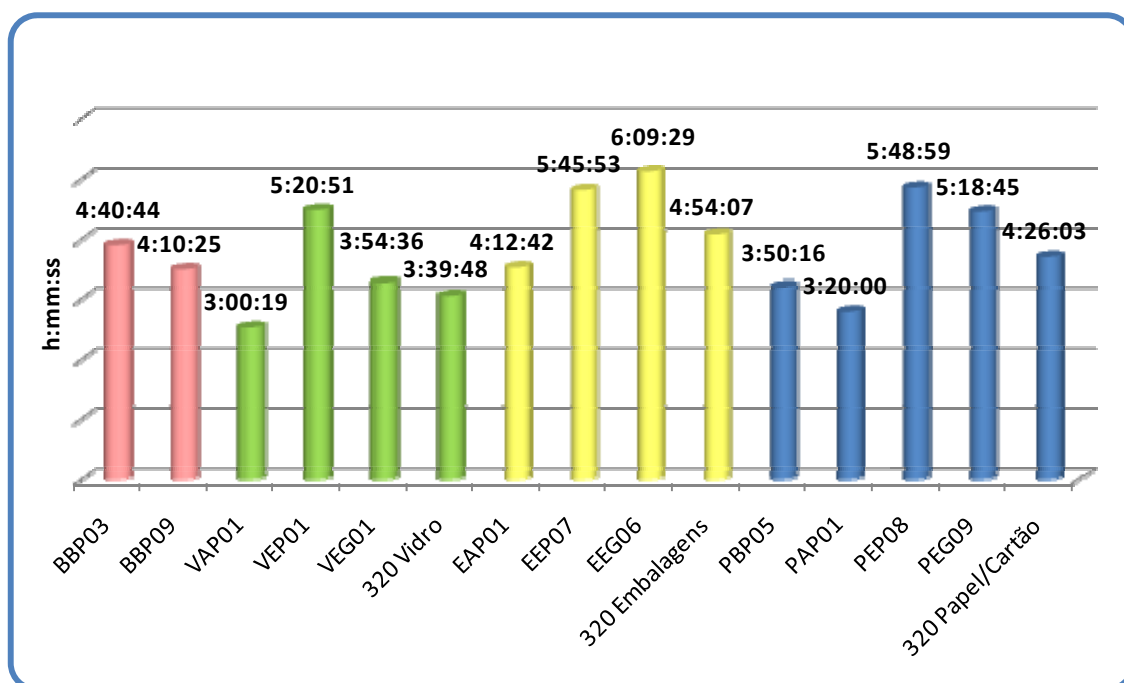


Figura 4.8. Comparação dos tempos efectivos de recolha.

A diferença entre os dois extremos é de cerca de 3 horas. Observando a Figura 4.9, é possível verificar que estes diferem em apenas 11 km, pelo que este facto não é passível de ser justificado pela distância de recolha efectiva.

Contudo é possível observar uma relação directa entre os tempos efectivos de recolha e a distância efectiva de recolha com excepção dos circuitos VEG01, 320 Vidro, EEP07, EEG06. Estas excepções podem ser justificadas pelo simples facto de serem circuitos diurnos e as condições de trânsito serem mais desfavoráveis.

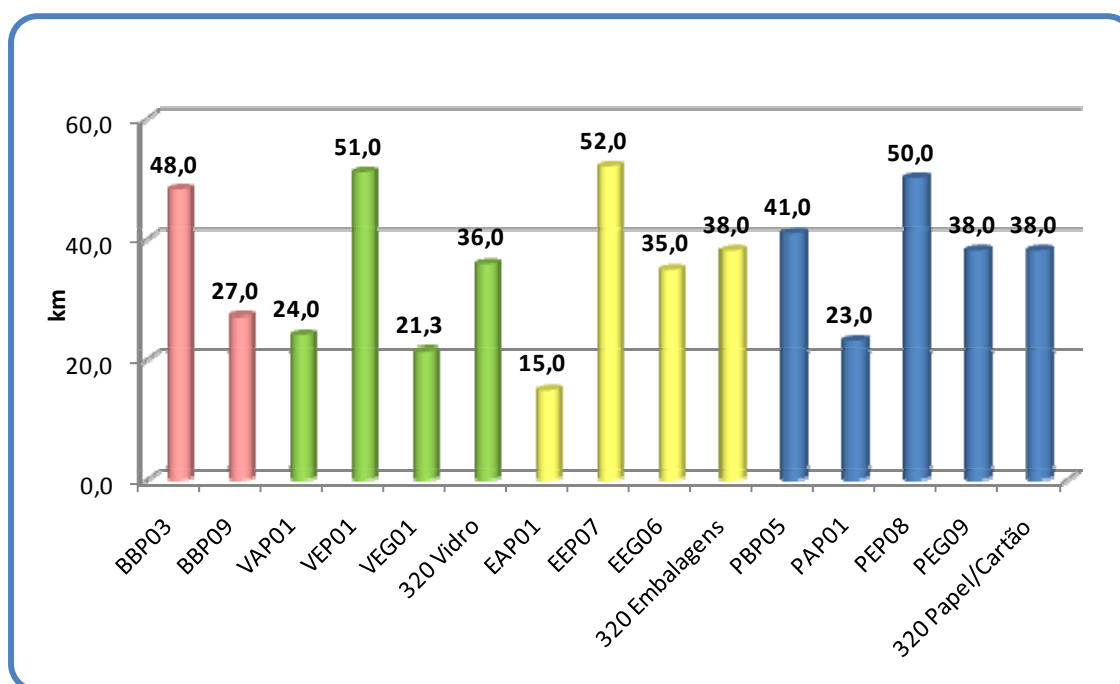


Figura 4.9. Comparação das distâncias efectivas de recolha.

Através da Figura 4.10, relativa aos circuitos BBP03 e BBP09, é possível verificar que a maior parte do tempo e distância efectiva de recolha é ocupado na recolha de embalagens. É então possível observar uma relação entre o tempo total do circuito ocupado na recolha de embalagens, visto no ponto anterior, e o tempo efectivo ocupado na recolha das mesmas.

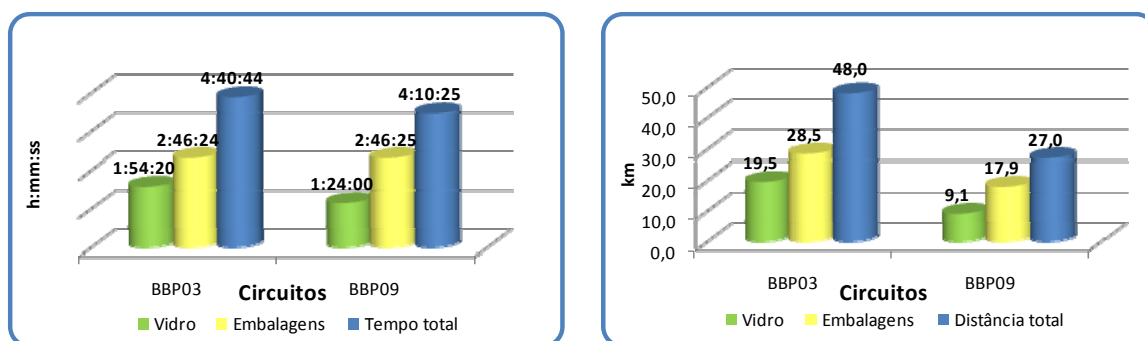


Figura 4.10. Comparação do tempo e distâncias efectivas de recolha nos circuitos BBP03 e BBP09 por tipo de material.

4.2.6 Tempo médio de recolha por ponto de recolha

Os tempos médios de recolha por ponto de paragem em função do número de contentores foram calculados através dos dados recolhidos pela equipa da FCT/UNL, utilizando para o efeito uma análise de regressão linear simples.

Relativamente a este indicador operacional optou-se por separar os valores obtidos em função do tipo de material.

Analisando os valores para a recolha de vidro, apresentados no Quadro 4.7, verifica-se que os tempos médios por ponto de recolha vão aumentando consoante a capacidade de contentor, sendo o valor mais baixo para a recolha de cestos de 35 L no circuito BBP03 e o mais elevado para a recolha de contentores grandes, de 2500 L, no circuito VEG01.

Comparando o tempo médio por ponto de recolha de cestos de 35 L, para os circuitos BBP03 e BBP09, é possível verificar que o BBP09 apresenta um valor médio superior. Esta diferença pode dar-se devido à presença de sacos com vidro no chão junto aos cestos, o que faz com que a equipa de recolha demore mais tempo. Isto indica que provavelmente o BBP09 não terá a capacidade de contentorização, ou a frequência de recolha (semanal) bem ajustada às necessidades da produção.

Verifica-se igualmente que os tempos a recolher os contentores de 1100 litros são sensivelmente idênticos aos tempos de recolha dos contentores grandes de recolha lateral.

A recolha de um contentor de 2500 L é a mais demorada, devido ao sistema de despejo destes contentores através de grua.

Quadro 4.7. Tempos médios obtidos por ponto de recolha em função do número de contentores para a recolha de vidro.

Vidro					
Tempo médio de recolha por contentor (mm:ss)					
Circuitos	Tipo de contentor	Número de contentores por ponto de recolha			
		1	2	3	4
BBP03	Cestos de 35 L	00:18			
BBP09	Cestos de 35 L	00:26			
VAP01	240 L	00:17	00:18	00:33	00:41
VEP01	1100 L	00:52			
320 Vidro	2400 L	00:48			
VEG01	2500 L	01:29			

Em relação aos tempos médios por ponto de recolha de contentores de embalagens, apresentados no Quadro 4.8, verifica-se que, tal como para o vidro, os tempos médios por ponto de recolha vão aumentando consoante o tipo de contentor, à excepção da recolha de um contentor de 240 L no circuito BBP03. Mais uma vez o tempo mais baixo observa-se na recolha de cestos de 35 L, nos circuitos BBP03 e BBP09, e o mais elevado na recolha de contentores grandes, de 2500 L, no circuito EEG06.

Quadro 4.8. Tempos médios obtidos por ponto de recolha em função do número de contentores para a recolha de embalagens.

Embalagens								
Tempo médio de recolha por contentor (mm:ss)								
Circuitos	Tipo de contentor	Número de contentores por ponto de recolha						
		1	2	3	4	5	6	7
BBP03	Cestos de 35 L	00:10	00:18					
	120 L	00:33						
	240 L	00:18						
	1100 L	00:49						
BBP09	Cestos de 35 L	00:11						
	240 L	00:31						
EAP01	240 L	00:35	00:49	01:29	01:35	01:34	01:49	02:02
EEP07	1100 L	00:53	01:12					
320 Embalagens	2400 L	01:07						
EEG06	2500 L	02:30						

Comparando os tempos médios obtidos por ponto de recolha de vidro e embalagens com os valores relativos à recolha de papel/cartão, representados no Quadro 4.9, verifica-se

uma certa semelhança. Mais uma vez os tempos médios por ponto de recolha vão aumentando consoante a capacidade e tipo de contentor, os valores extremos verificam-se para os cestos de 35 L e 2500 L e os tempos de recolha de contentores de 1100 litros são sensivelmente idênticos aos tempos de recolha dos contentores grandes de recolha lateral.

Pode-se dizer então que o sistema de remoção contentor/viatura faz variar o tempo médio por ponto de recolha, e que esse tempo é função do número de contentores.

Quadro 4.9. Tempos médios (mm:ss) obtidos por ponto de recolha em função do número de contentores para a recolha de papel/cartão.

Papel/Cartão						
Tempo médio de recolha por contentor (mm:ss)						
Circuitos	Tipo de contentor	Número de contentores por ponto de recolha				
		1	2	3	4	5
PBP05	Cestos de 35 L	00:12	00:22		01:28	
	240 L		01:16			
PAP01	240 L	00:20	00:26	00:42	00:42	0:55
PEP08	1100 L	01:00				
320 Papel/Cartão	2400 L	01:03				
PEG09	2500 L	03:34	05:27			

Os valores obtidos para cada um dos circuitos, apresentados nas três tabelas anteriores, possibilitaram a determinação de funções que relacionam o tempo de recolha por ponto de recolha com o número de contentores existentes em cada ponto de recolha.

Para alguns circuitos em que o tipo de contentores era misto, ou seja, contentores de várias capacidades, foi apenas possível calcular a função para um tipo de contentor. Para outros circuitos também não foi possível determinar esta função por insuficiência de dados.

Na Figura 4.11, apresentam-se as funções de regressão linear que foram possíveis determinar. Na figura apresentam-se, por ordem, os gráficos e funções dos três circuitos com contentores de 240 L, circuitos PAP01, EAP01 e VAP01.

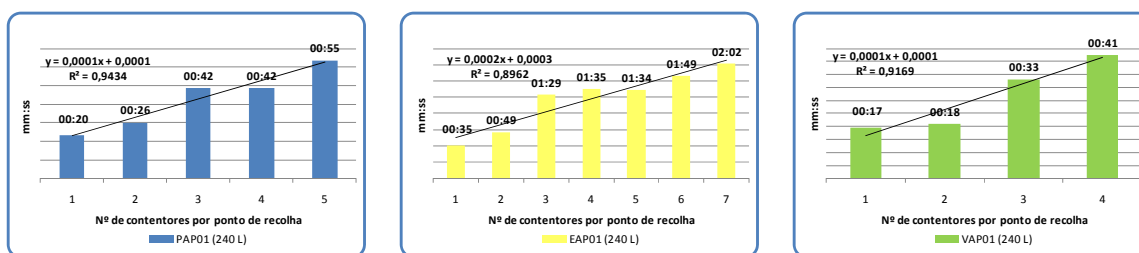


Figura 4.11. Tempos médios, em minutos, de recolha por ponto de paragem, em função do número de contentores para os circuitos.

O circuito EAP01 é o que apresenta o coeficiente de determinação (R^2) mais baixo, de 89,62 %. No entanto, e como se pode confirmar pelos coeficientes de determinação das funções, apresentados no Quadro 4.10, a maioria apresenta valores muito próximos de 1, o que significa que os modelos estão bem ajustados. Na prática, estas funções permitirão determinar o tempo médio por ponto de recolha em função do número de contentores existentes em cada ponto, em novos projectos de recolha ou alteração dos existentes.

Quadro 4.10. Funções que relacionam o número de contentores existentes por ponto de recolha com o tempo médio de recolha por ponto de recolha

Circuitos (contentores)	Relação entre o número de contentores existentes por ponto de recolha (X) e o tempo médio de recolha por ponto de recolha (Y)	Coeficiente de determinação R^2
VAP01 (240 L)	$y = 0,0001x + 0,0001$	$R^2 = 0,9169$
EAP01 (240 L)	$y = 0,0002x + 0,0003$	$R^2 = 0,8962$
PAP01 (240 L)	$y = 0,0001x + 0,0001$	$R^2 = 0,9434$

4.2.7 Tempo/distância de transporte

Como foi referido anteriormente na metodologia, os tempos médios de transporte, apresentados na Figura 4.11, relacionam-se com a distância do último ponto de cada frete ao local de deposição e, caso se aplique, o regresso ao circuito para concluir a recolha e de novo o regresso ao local de deposição para esvaziar a carga, isto tantas vezes consoante o número de fretes realizados.

É então possível depreender que este tempo depende da distância do circuito ao local de deposição, do número médio de fretes realizados pelas viaturas, do tipo de viatura, do tipo de ruas a percorrer (*e.g.* áreas urbanas ou vias rápidas) e do estado do trânsito.

Através da observação da Figura 4.12, verifica-se que estes tempos variam muito de circuito para circuito, representando um pouco da influência de todos os factores citados.

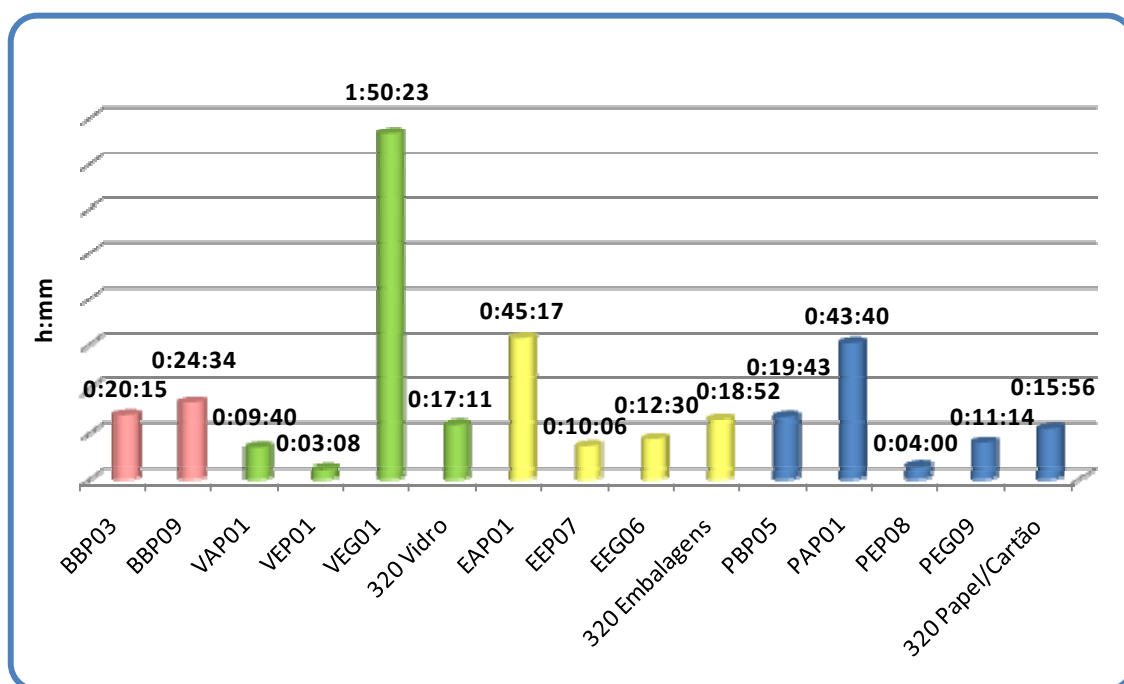


Figura 4.12. Comparação entre os tempos de transporte dos circuitos em estudo.

Realizando uma comparação directa entre os tempos médios de transporte e as distâncias médias de transporte, que se apresentam na Figura 4.12, verifica-se que de uma forma geral às maiores distâncias de transporte correspondem os maiores tempos de transporte, como para os circuitos VEG01, EAP01 e PAP01.

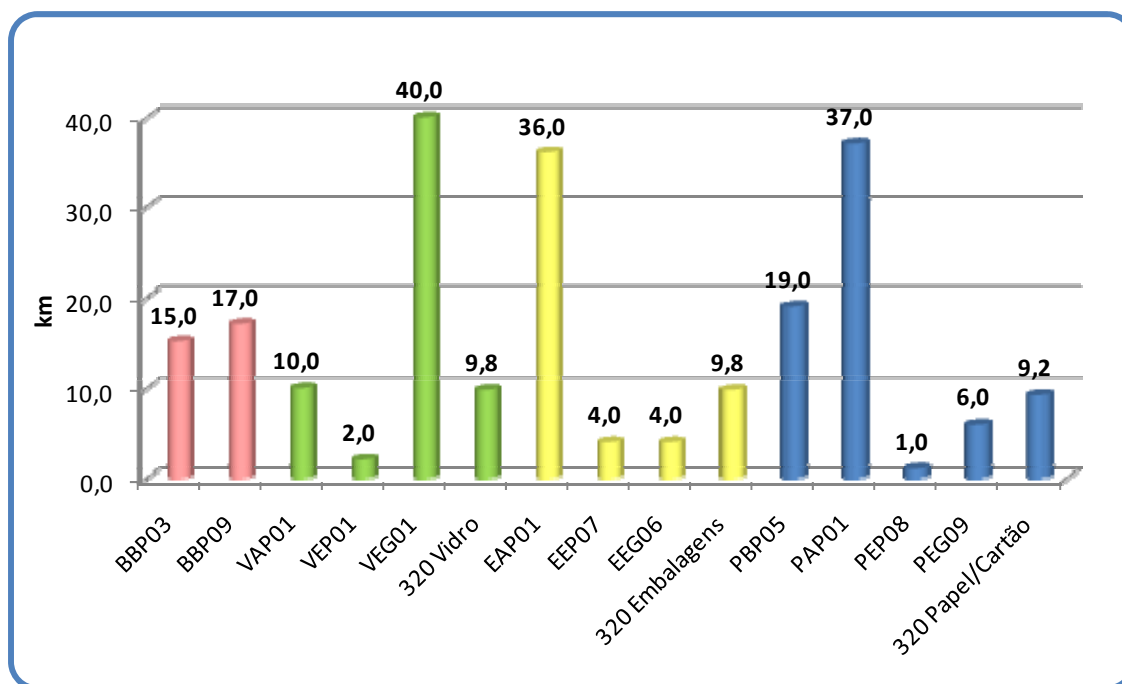


Figura 4.13. Comparação entre as distâncias de transporte dos circuitos em estudo.

4.2.8 Número médio de fretes realizado por circuito

Foi possível verificar no ponto anterior, que todos os tempos são proporcionais às distâncias de transporte, ou seja, quanto maior a distância de transporte, maior o tempo gasto. Também é possível que estes tempos variem segundo o número de fretes, isto é, quanto maior o número de fretes realizados, maior o tempo e distâncias de transporte.

Pela análise da Figura 4.14 é possível verificar que o circuito que realiza um maior número médio de fretes é o PAP01.

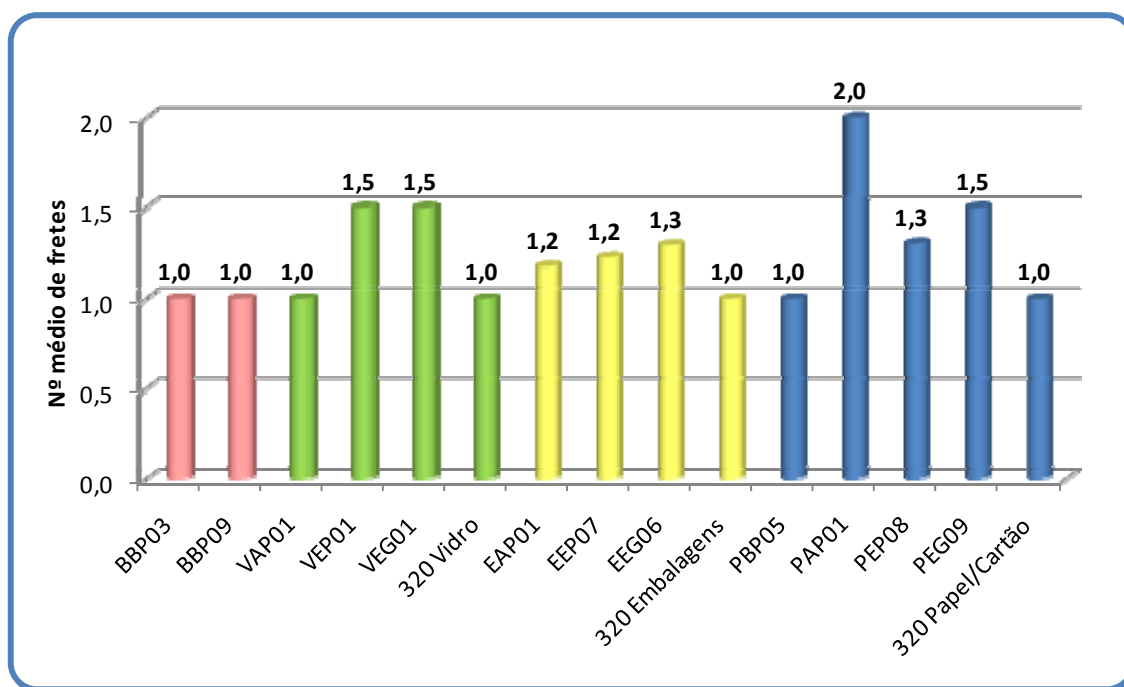


Figura 4.14. Número médio de fretes por circuito.

4.2.9 Tempo/distância no local de deposição

Os tempos no local de deposição e as distâncias médias percorridas dentro do local de deposição apresentam-se na Figura 4.15 4.15 e na Figura 4.15, respectivamente.

Pela observação da Figura 4.15, verifica-se que alguns circuitos demoram 20 minutos no local de deposição, enquanto que outros demoram cerca de 4 minutos. Esta demora poderá estar relacionada com a afluência de viaturas ao Centro de Triagem da Valorsul, ou ao Centro de Triagem da Tratolixo no caso do circuito 320 de Sintra. Se no momento em que a viatura chega para descarregar se encontrar uma outra, ou mais viaturas na portaria ou no local de descarga, esta terá de esperar, pelo que a deposição poderá ser por vezes demorada.

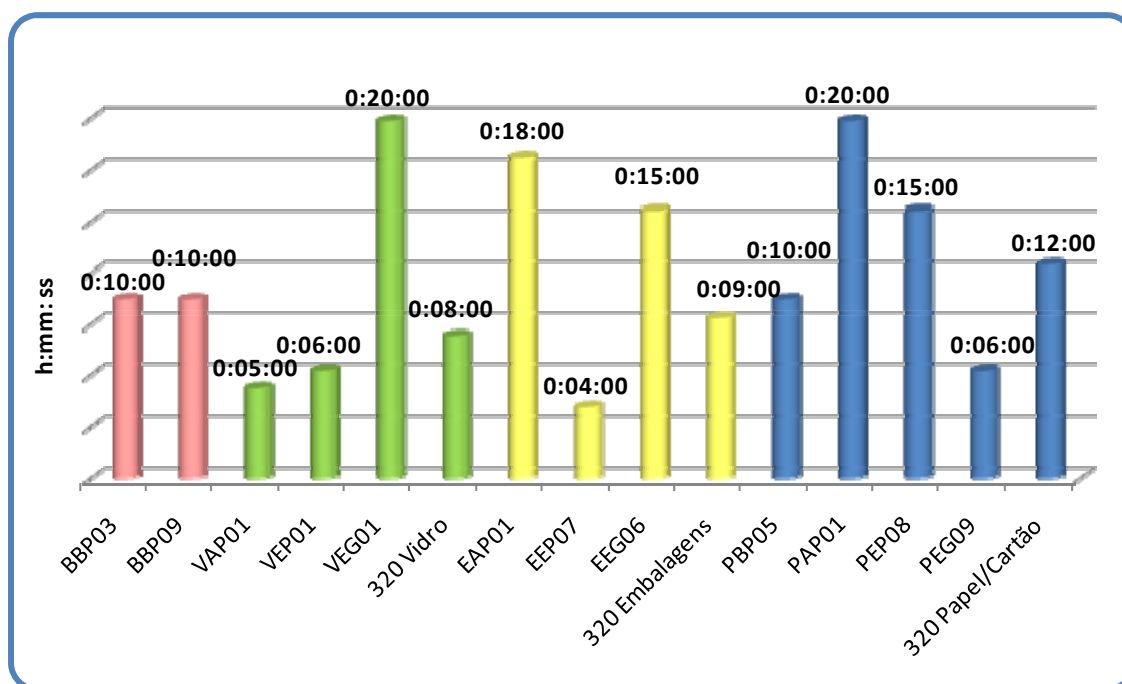


Figura 4.15. Comparação dos tempos no local de deposição.

Através da Figura 4.16 é possível observar que algumas distâncias no local de deposição são zero. Isto não significa que não houve deslocação dentro do Centro de Triagem da Valorsul para realizar a descarga, mas sim que a distância percorrida foi inferior a 1 quilômetro, uma vez que esta foi a unidade mais pequena medida.

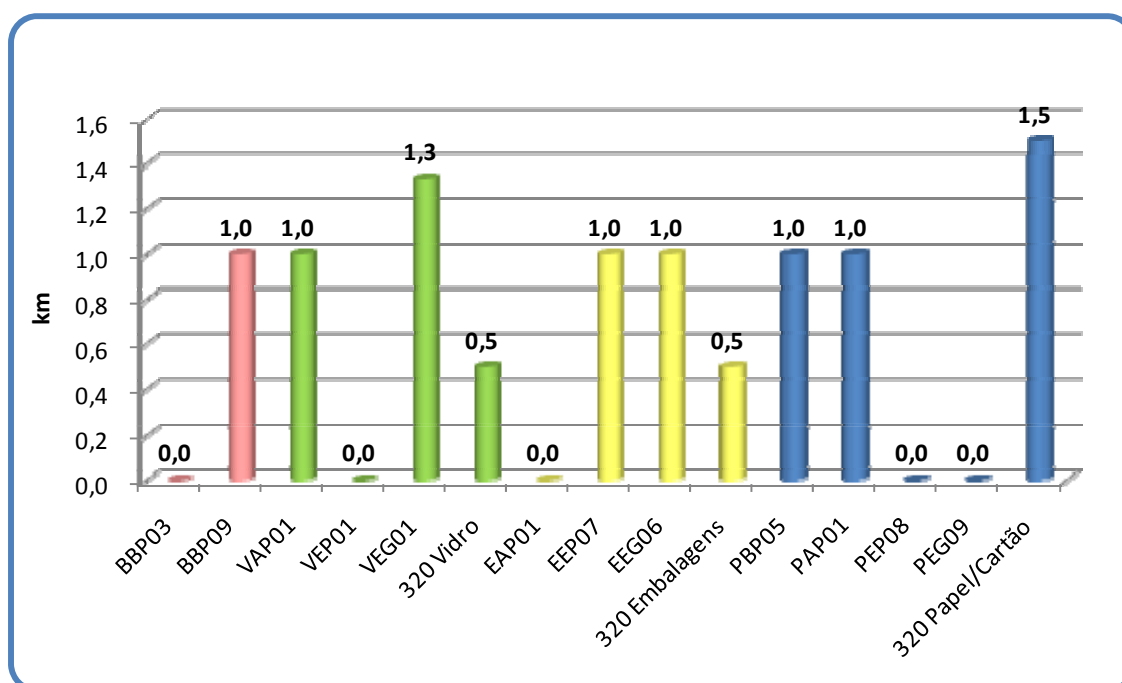


Figura 4.16. Comparação das distâncias no local de deposição.

4.2.10 Tempo/Distância da garagem e para a garagem

Analisando a Figura 4.17 4.17, onde se apresentam os tempos da garagem e para a garagem, verifica-se que o circuito VAP01 apresenta o valor menor, de 39 minutos, e o circuito PEG09 apresenta o valor máximo, de 1 hora e 24 minutos.

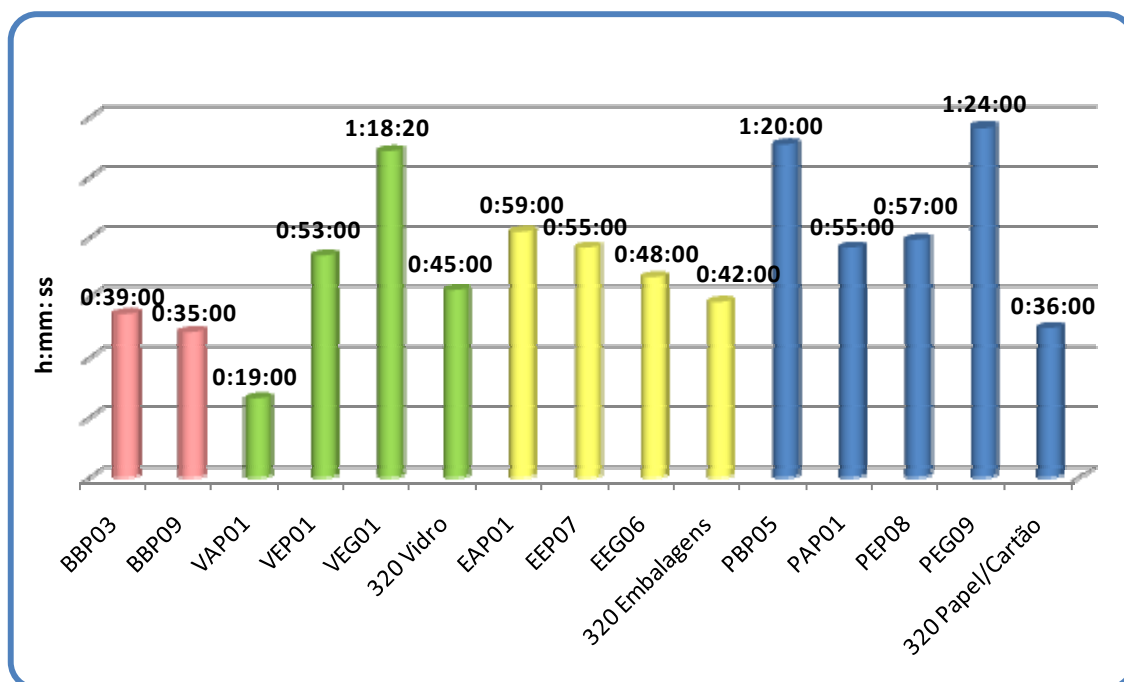


Figura 4.17. Comparação dos tempos da garagem e para a garagem, entre todos os circuitos.

Esta variável é influenciada pela distância dos circuitos à garagem e do local de deposição à garagem, apresentada na Figura 4.18. Seria então de esperar uma relação directa entre o tempo e a distância da garagem e para a garagem, no entanto isto não se verifica, provavelmente devido a condições de trânsito ou a pausas que possam ter sido realizadas durante o percurso. Esta condição verifica-se apenas para o VAP01, que apresenta a menor distância e tempo médio da garagem e para a garagem.

É possível que algumas das equipas de recolha aproveitem o trajecto a realizar para fazer a sua pausa de trabalho, e assim se verifique um aumento no tempo da garagem e para a garagem, e até na distância. Esta hipótese não é possível de ser comprovada, uma vez que esta informação não consta nas folhas de serviço das equipas de recolha.

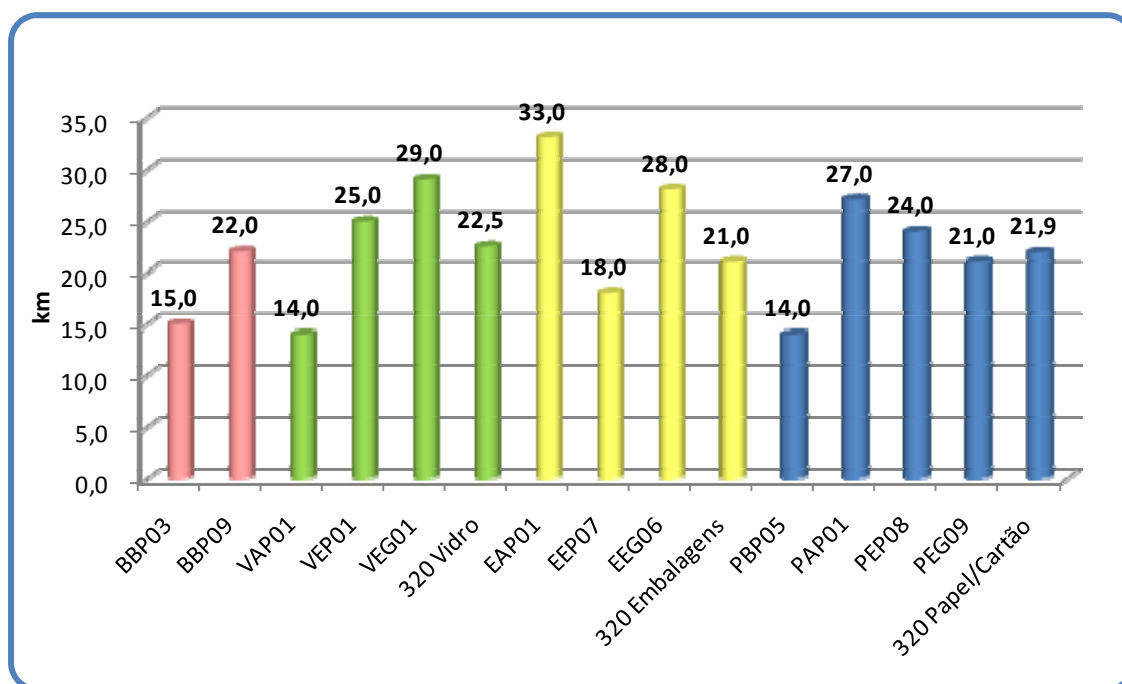


Figura 4.18. Comparação entre todos os circuitos, das distâncias da garagem e para a garagem.

4.2.11 Síntese dos indicadores relativos ao tempo gasto por circuito

Na Figura 4.19 encontram-se resumidos os valores obtidos para os vários tempos unitários dos circuitos estudados. É possível verificar que, em média, 76% do tempo total do circuito é gasto na recolha efectiva, 7% no transporte, 3% no local de deposição e 14% no percurso da garagem ao circuito e no regresso do local de deposição à garagem.

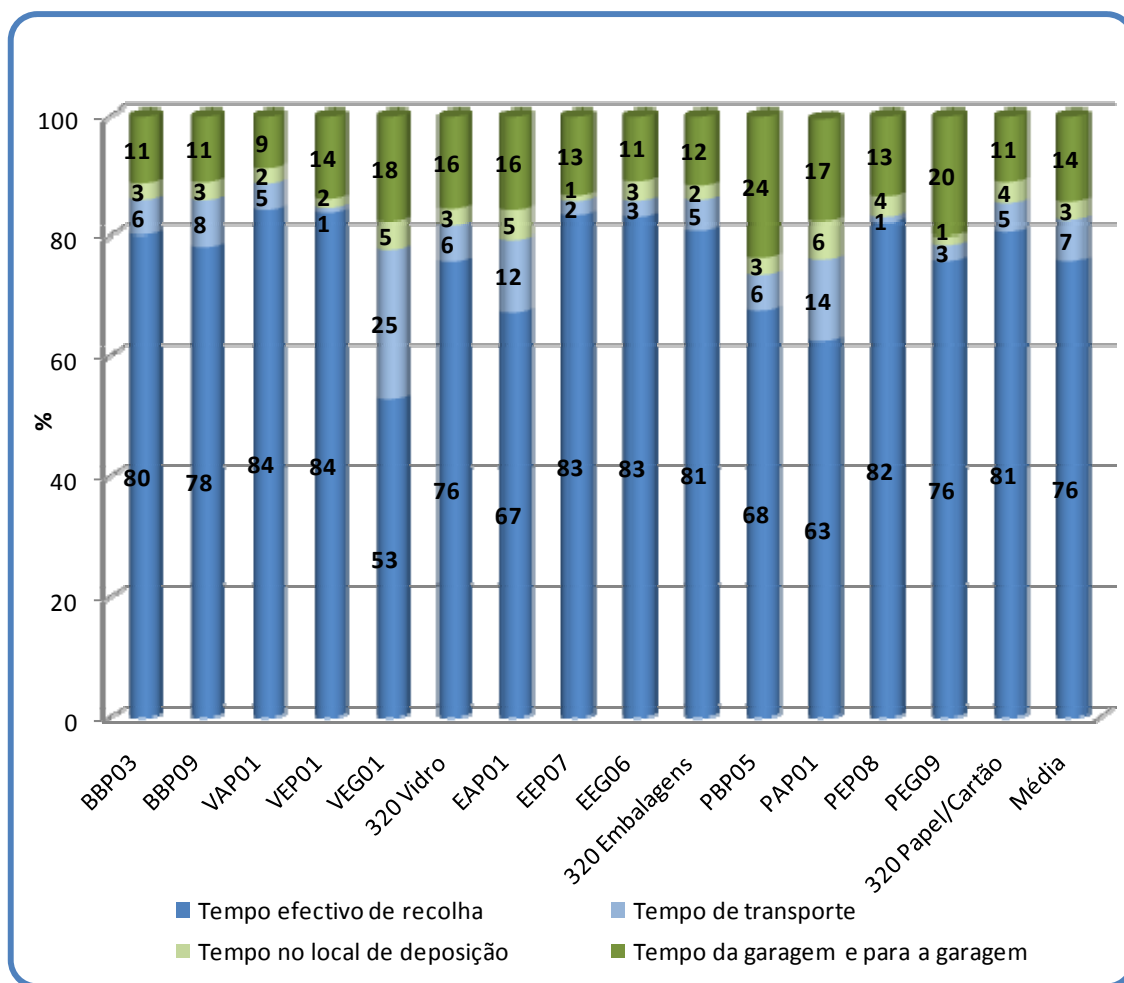


Figura 4.19 – Síntese da análise dos tempos por circuito e respectivos valores médios.

No dimensionamento de circuitos de recolha pretende-se que o tempo efectivo de recolha seja o mais elevado possível comparativamente com os outros indicadores operacionais temporais. Se o circuito se realizar longe da garagem e da central de triagem, os tempos médios relativos a estas variáveis aumentam.

Tendo estes dados em consideração, verifica-se que o circuito VEG01 é o que apresenta um menor tempo efectivo de recolha e maior tempo de transporte. Verifica-se também baixos tempos efectivos de recolha para os circuitos PAP01, PBP05 e EAP01. No caso do PAP01 e o EAP01, tanto o tempo de transporte como o tempo da garagem para a garagem são elevadas, sendo o PBP05 o que apresenta o maior tempo da garagem e para garagem o PBP05.

Os circuitos VAP01 e EEG06 são os que apresentam um maior equilíbrio entre os tempos medidos.

4.3 INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS OPERACIONAIS NOS INDICADORES DE PRODUTIVIDADE DOS CIRCUITOS ANALISADOS

4.3.1 Tipo de material a recolher

No Quadro 4.11 e na Figura 4.20 encontram-se representados os indicadores de produtividade obtidos para os circuitos seleccionados para o objectivo 2.1, ou seja, avaliar a influência do tipo de material a recolher (*i.e.* papel/cartão *versus* plástico *versus* vidro) na produtividade dos circuitos.

Quadro 4.11. Indicadores de produtividade dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.1.

Indicadores de produtividade	Circuito		
	320 Papel/Cartão	320 Embalagens	320 Vidro
Tipo de recolha	Colectiva	Colectiva	Colectiva
Tipo de contentores	Grandes (2400 L)	Grandes (2400 L)	Grandes (2400 L)
Nº de pontos de recolha/circuito	121	121	121
Nº de fretes por circuito	1	1	1
Quantidade de resíduos removidos por km efectivo (kg/km)	143,68	96,32	319,44
Quantidade de resíduos removidos por hora de trabalho (kg/h)	992,73	603,30	2379,31
Quantidade de resíduos removidos por ponto de recolha (kg/ponto)	45,12	30,25	95,04
Coeficiente de concentração do circuito (%)	53,82	54,83	52,33
Velocidade média de trajecto (km/h)	12,84	11,42	14,23
Horário efectivo de trabalho/horário normal (%)	78,57	86,67	69,05
Consumo de combustível por km percorrido (l/km)	1,18	1,22	1,27

Relativamente a este objectivo, é fácil verificar pela Figura 4.20, que é na recolha de vidro que o circuito 320 consegue uma maior quantidade de resíduos removidos por km efectivo, por hora de trabalho e por ponto de recolha, respectivamente 319,44 kg/km, 2379,31 kg/h e 95,04 kg/ponto de recolha.

É também possível observar que a recolha de embalagens é a que apresenta valores mais baixos de quantidade de resíduos removidos por km efectivo, por hora de trabalho e por ponto de recolha, respectivamente 96,32 kg/km, 603,30 kg/h e 30,25 kg/ponto de recolha.

Pode-se então concluir que os circuitos de recolha de vidro são os mais produtivos, seguido os do papel/cartão e no final os das embalagens, facto que se encontra relacionado com o elevado peso específico deste material comparativamente aos restantes.

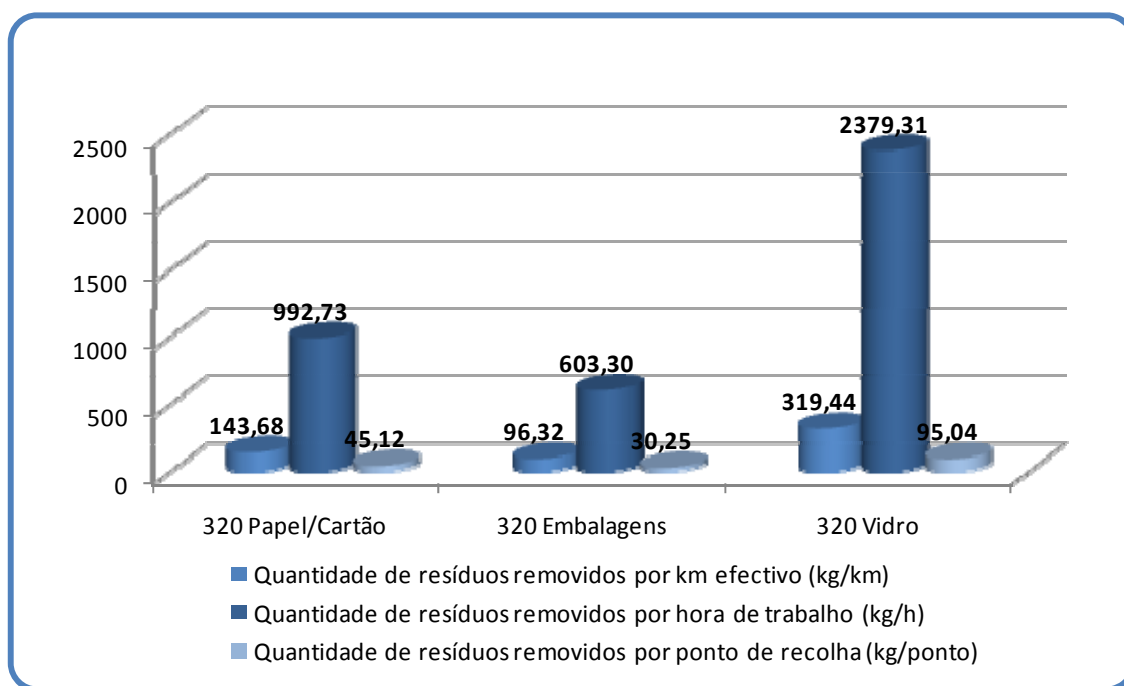


Figura 4.20. Indicadores de quantidade de resíduos recolhidos nos circuitos seleccionados para o objectivo 2.1.

4.3.2 Tipo de sistema de remoção contentor/viatura

Relativamente ao objectivo 2.2, com o qual se pretendia testar a influência do sistema de remoção contentor/viatura na produtividade dos circuitos, apresentam-se no Quadro 4.12 e Figura 4.23, os valores relativos aos indicadores de produtividade dos circuitos de recolha de vidro.

Relativamente aos dados obtidos para os circuitos de recolha de vidro, relembra-se o seguinte:

- O circuito 320 vidro e o VEG01 apresentam as quantidades médias de RSU recolhidas por dia mais elevadas;
- A taxa de utilização mais elevada verifica-se para o circuito VEP01 de recolha colectiva, com contentores de 1100 L, não sendo este o circuito com a capacidade de contentorização mais elevada para o vidro;

- O circuito VEG01 apresenta o segundo maior tempo médio total de circuito (07:23h) e a distância média total de circuito mais elevada (91,7 km). É também para este circuito que se verifica o tempo/distância de transporte e tempo/distância garagem e para a garagem mais elevados;
- O circuito VAP01 apresenta o tempo efectivo de recolha mais baixo, com um valor de cerca de 3h. É também para este circuito que se verifica o tempo e distância da garagem e para a garagem mais elevados.

Quadro 4.12. Indicadores de produtividade dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de vidro.

Indicadores de produtividade	Circuitos					
	BBP03	BBP09	VAP01	VEP01	VEG01	320
Tipo de recolha	Porta-a-porta	Porta-a-porta	Porta-a-porta por prédio	Colectiva	Colectiva	Colectiva
Tipo de contentores	Mista (cestos de 25 L, 90 L, 120 L, 240 L e 1100 L)	Mista (cestos de 25 L, 90 L, 240 L e 1100 L)	Mista (240 L e 1100 L)	Médios (1100 L)	Grandes (2500 L)	Grandes (2400 L)
Nº de pontos de recolha/circuito	822	645	554	108	81	121
Nº de fretes por circuito	1	1	1	1,5	1,5	1
Quantidade de resíduos removidos por km efectivo (kg/km)	44,38	19,96	185,42	148,73	396,18	319,44
Quantidade de resíduos removidos por hora de trabalho (kg/h)	365,14	301,24	1247,66	1188,25	1143,85	2379,31
Quantidade de resíduos removidos por ponto de recolha (kg/ponto)	1,32	1,28	8,99	91,39	68,71	95,04
Coeficiente de concentração do circuito (%)	61,54	40,30	48,98	65,38	23,27	52,33
Velocidade média de trajecto (km/h)	13,37	12,56	13,74	12,22	12,41	14,23
Horário efectivo de trabalho/horário normal (%)	83,33	76,19	50,95	79,79	92,36	69,05
Consumo de combustível por km percorrido (l/km)	0,61	0,62	0,63	0,50	0,78	1,27

Observando o Quadro 4.12, verifica-se que o circuito BBP09 é o que apresenta os valores mais baixos de quantidade de resíduos removidos por km efectivo, por hora de trabalho e por ponto de recolha, respectivamente 19,96 kg/km, 301,24 kg/h e 1,28 kg/ponto de recolha. Este facto parece lógico, uma vez que se trata de um circuito porta-a-porta, em existem muitos pontos de recolha e a maioria dos contentores são cestos de 35 L.

O circuito 320 de recolha de vidro é o que apresenta o segundo valor mais elevado de quantidade de resíduos removidos por km efectivo (319,44 kg/km) e dos mais elevados para a quantidade de resíduos removidos por hora de trabalho e por ponto de recolha, respectivamente 2379,31 kg/km e 95,04kg/h.

Relativamente ao coeficiente de concentração do circuito, razão entre a distância efectiva do circuito e a distância total do circuito, e que fornece uma medida da dispersão entre a localização do circuito, a garagem e o local de deposição dos resíduos, verifica-se que o valor mais elevado corresponde ao circuito VEP01 e o mais baixo ao circuito VEG01, respectivamente 65,38 % e 23,27%.

No seu conjunto, constata-se que de uma forma geral o circuito 320, de recolha colectiva lateral com grandes contentores, é o circuito mais produtivo, embora seja o mais consumidor de combustível, e que os circuitos de recolha porta-a-porta, BBPO3 e BBPO9, são os menos produtivos.

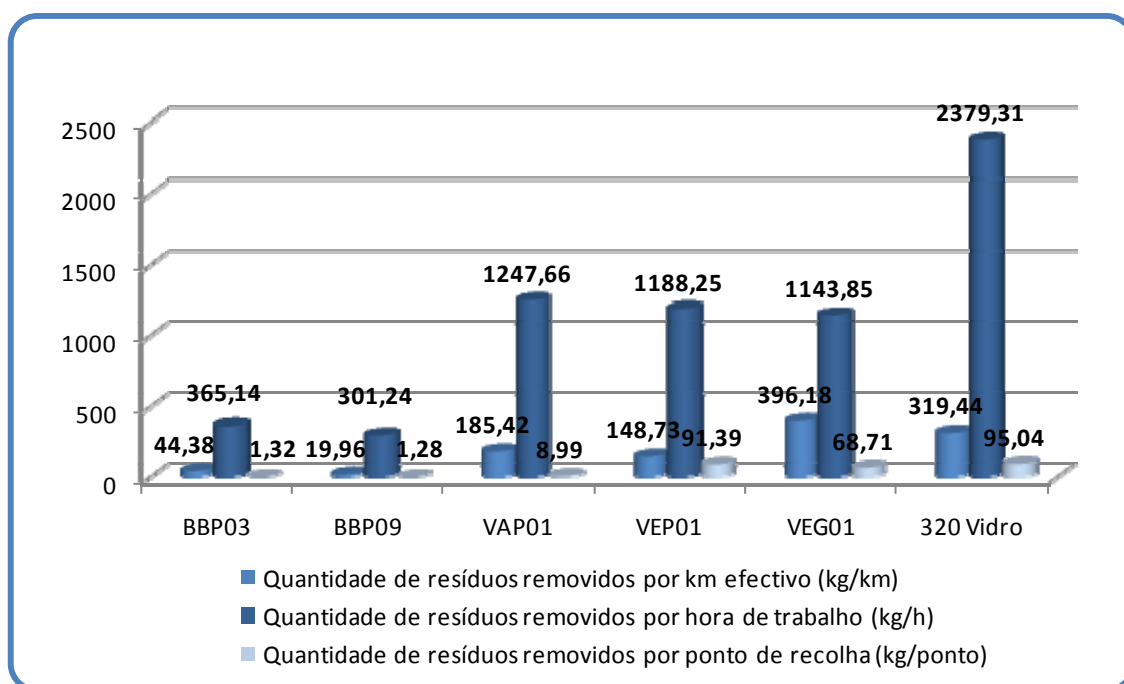


Figura 4.21. Indicadores de quantidade de resíduos recolhidos nos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de vidro.

No Quadro 4.13 e na Figura 4.24 encontram-se representados os indicadores de produtividade relativos aos circuitos de recolha de embalagens, seleccionados para o objectivo 2.2.

Relativamente aos dados obtidos para os circuitos de recolha de embalagens, é possível afirmar que:

- O circuito EEG06 apresenta o tempo efectivo de recolha mais elevado (6:09:29h);
- O circuito EAP01 apresenta um dos valores mais elevados para o tempo/distância de transporte e o mais elevado para a distância da garagem e para a garagem.

Através do Quadro 4.13, verifica-se que o circuito EEP07 é o que apresenta os valores mais baixos de quantidade de resíduos removidos por km efectivo e por hora de trabalho, respectivamente 32,14 kg/km e 241,61 kg/h. Este facto faz sentido, uma vez que se trata do circuito em que se verificou a maior distância efectiva de recolha e apenas 1671 kg de resíduos recolhidos para 6:55h de trabalho.

Quadro 4.13. Indicadores de produtividade dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de embalagens.

Indicadores de produtividade	Circuitos					
	BBP03	BBP09	EAP01	EEP07	EEG06	320
Tipo de recolha	Porta-a-porta	Porta-a-porta	Porta-a-porta por prédio	Colectiva	Colectiva	Colectiva
Tipo de contentores	Mista (cestos de 25 L, 90 L, 120 L e 240 L)	Mista (cestos de 25 L, 90 L e 240 L)	Mista (240 L e 1100 L)	Médios (1100 L)	Grandes (2500 L)	Grandes (2400 L)
Nº de pontos de recolha/circuito	788	607	495	123	83	121
Nº de fretes por circuito	1	1	1,17	1,22	1,29	1
Quantidade de resíduos removidos por km efectivo (kg/km)	44,38	59,50	225,78	32,14	62,78	96,32
Quantidade de resíduos removidos por hora de trabalho (kg/h)	365,14	301,24	541,87	241,61	296,24	603,30
Quantidade de resíduos removidos por ponto de recolha (kg/ponto)	1,32	1,28	6,46	3,05	27,13	30,25
Coeficiente de concentração do circuito (%)	61,54	40,30	17,86	69,33	51,47	54,83
Velocidade média de trajecto (km/h)	13,37	12,56	13,44	10,84	9,17	11,42
Horário efectivo de trabalho/horário normal (%)	83,33	76,19	89,29	86,46	92,71	86,67
Consumo de combustível por km percorrido (l/km)	0,61	0,62	0,59	0,54	0,65	1,22

Em termos gerais, analisando a Figura 4.24, constata-se que na recolha de embalagens os circuitos mais produtivos são o 320 e o EAP01, embora no primeiro caso o ponto fraco

seja o consumo de combustível e, no segundo caso, a quantidade recolhida por ponto de recolha.

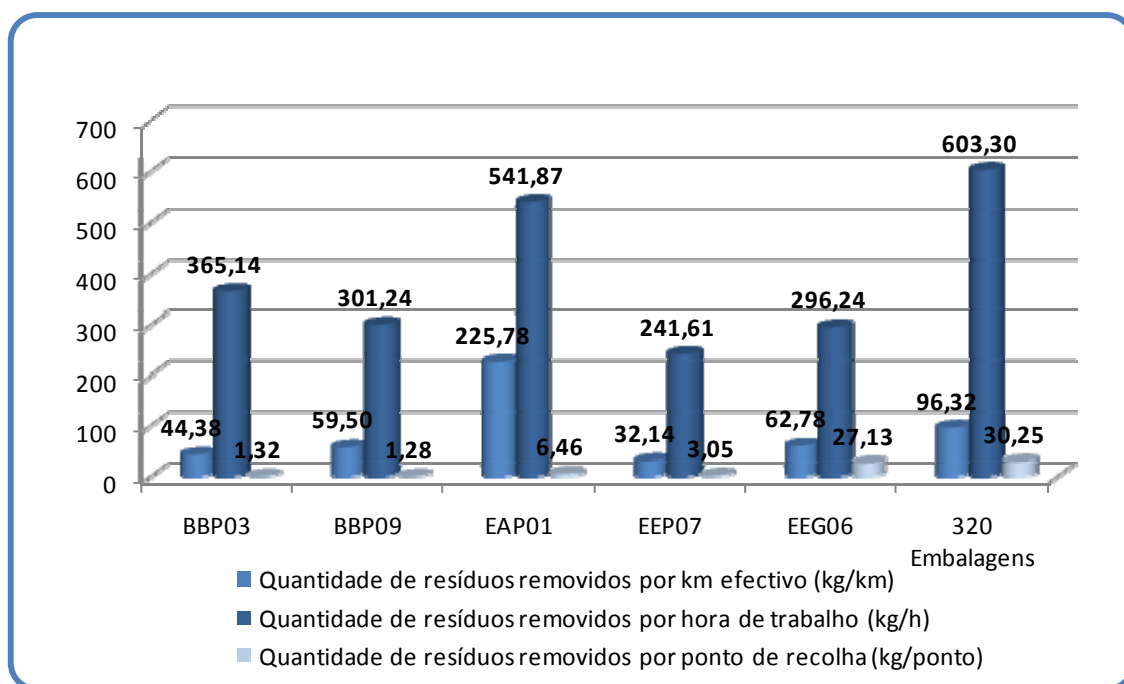


Figura 4.22. Indicadores de quantidade de resíduos recolhidos nos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de embalagens.

No Quadro 4.14 e Figura 4.25 apresentam-se os indicadores de produtividade relativos aos circuitos de recolha de papel/cartão seleccionados para o objectivo 2.2.

Relativamente aos dados obtidos para os circuitos de recolha de papel/cartão, recapitula-se o seguinte:

- O circuito PAP01 é o que apresenta o maior número médio de fretes realizado por circuito, de 2 voltas. É também para este circuito que se verifica um tempo/distância de transporte mais elevados;
- O circuito PEP08 apresenta a distância de transporte mais baixa (1 km), e um dos tempo de transporte mais baixo (0:04:00h).

É possível verificar, pelo Quadro 4.14, que o circuito PBP05 é o que apresenta os valores mais baixos de quantidade de resíduos removidos por km efectivo, por hora de trabalho e por ponto de recolha, respectivamente 45,77 kg/km, 331,18 kg/h e 15,64 kg/ponto de recolha. Isto porque este tipo de circuito porta-a-porta possui muitos pontos de recolha em a maioria dos contentores são cestos de 35 L.

O circuito 320 apresenta os valores mais elevados de quantidade de resíduos removidos por km efectivo, por hora de trabalho e por ponto de recolha, respectivamente 143,68 kg/km, 992,73 kg/h e 45,12 kg/ponto de recolha.

Quadro 4.14. Indicadores de produtividade dos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de papel/cartão.

Indicadores de produtividade	Circuitos				
	PBP05	PAP01	PEP08	PEG09	320
Tipo de recolha	Porta-a-porta	Porta-a-porta por prédio	Colectiva	Colectiva	Colectiva
Tipo de contentores	Mista (cestos de 25 L e 90 L)	Mista (240 L e 1100 L)	Médios (1100 L)	Grandes (2500 L)	Grandes (2400 L)
Nº de pontos de recolha/circuito	548	524	120	81	121
Nº de fretes por circuito	1	2	1,3	1,5	1
Quantidade de resíduos removidos por km efectivo (kg/km)	45,77	419,42	70,44	112,71	143,68
Quantidade de resíduos removidos por hora de trabalho(kg/h)	331,18	1816,28	497,22	611,86	992,73
Quantidade de resíduos removidos por ponto de recolha (kg/ponto)	15,64	37,98	43,48	39,66	45,12
Coefficiente de concentração do circuito (%)	54,67	26,14	66,67	58,46	53,82
Velocidade média de trajecto (km/h)	13,24	16,57	10,59	9,29	12,84
Horário efectivo de trabalho/horário normal (%)	80,95	75,87	88,54	100,00	78,57
Consumo de combustível por km percorrido (l/km)	0,52	0,54	0,53	0,95	1,18

Observando o gráfico da Figura 4.24, destacam-se dois circuitos, em primeiro lugar o PAP01 e o 320, este último com a desvantagem de apresentar um consumo de combustível muito elevado.

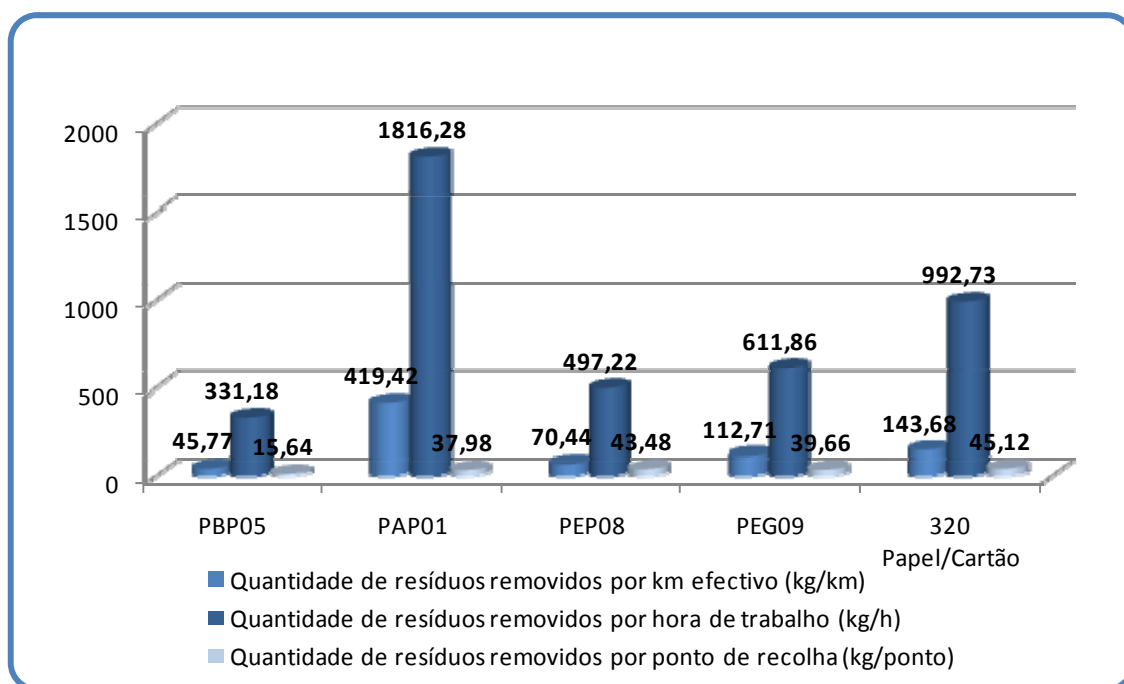


Figura 4.23. Indicadores de quantidade de resíduos recolhidos nos circuitos seleccionados para o objectivo 2.2 recolha de papel/cartão.

Face ao exposto, podemos concluir que, de uma forma geral, os circuitos de recolha porta-a-porta são os menos produtivos e que dentro dos circuitos de recolha colectiva, os circuitos com contentores de grandes dimensões são os mais produtivos, em especial o circuito de recolha lateral de Sintra que se revelou como o mais eficiente, embora, como referido, seja o maior consumidor de combustível.

5. CONCLUSÕES

5.1 SÍNTESE CONCLUSIVA

Dentro de um sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), a recolha e transporte de resíduos é uma das componentes mais críticas, principalmente devido ao facto de ser uma das mais dispendiosas do sistemas, compreender a gestão e organização de muitos equipamentos, viaturas e pessoal, e ser vulnerável aos comportamentos dos produtores de resíduos.

A recolha é igualmente muito importante porque é a componente de interface entre o sistema de gestão de RSU e os utentes, uma vez que é através dela que os utentes avaliam a gestão dos RSU e criam a sua imagem do serviço.

Por estas razões, os circuitos de recolha de RSU devem ser objecto de uma cuidadosa análise da sua estrutura, através da determinação de indicadores de desempenho operacionais e de produtividade, de forma a possibilitar aos técnicos responsáveis pela gestão de RSU, identificar os aspectos a melhorar.

A análise macro-circuito diz respeito à identificação dos tempos e distâncias de cada uma das componentes unitárias de um circuito, nomeadamente o tempo/distância total do circuito, o tempo/distância efectivo de recolha, o tempo/distância de transporte, o tempo/distância no local de deposição dos RSU, tempo/distância, o tempo/distância da e para a garagem e o tempo/distância não produtivo.

Estes tempos/distâncias são condicionados pela localização do circuito face à localização da garagem da viatura e ao local de descarga dos RSU, pelas condições de circulação e tráfego rodoviários, o tipo de aglomerado urbano e topografia do terreno, os dias da semana e do mês, as condições climatéricas, bem como por um conjunto de factores operacionais específicos de cada circuito, nomeadamente o tipo de material a recolher, o tipo de sistema de remoção contentor/viatura, os horários e frequência da recolha, as características e dimensão das equipas de recolha, entre outros.

Existem então uma série de factores que condicionam o desempenho de um circuito de recolha e que podem interferir na sua produtividade e nos custos envolvidos.

Assim, a determinação de indicadores de circuitos típicos, além de permitir a avaliar o desempenho dos mesmos, proporciona aos técnicos uma informação de apoio útil à elaboração de projectos de recolha de RSU.

Pela revisão da literatura realizada verificou-se que são raros os livros técnicos, artigos científicos ou relatórios de projectos e estudos, que apresentem valores típicos de indicadores para os circuitos de recolha selectiva de RSU.

Foi por esta razão que se estabeleceu para esta dissertação os seguintes dois grandes objectivos: determinar indicadores operacionais e de produtividade para circuitos típicos de recolha selectiva de RSU e avaliar a influência de determinadas variáveis operacionais na produtividade destes circuitos.

De forma a atingir estes objectivos seleccionou-se um conjunto de indicadores a determinar e contactaram-se os SMAS de Loures e a HPEM de Sintra, para a selecção de circuitos que pudessem servir para os objectivos em vista e que, simultaneamente, fossem representativos de circuitos urbanos.

Dos contactos realizados com estas duas entidades, e da análise que se fez aos circuitos existentes nos respectivos concelhos, seleccionaram-se para este estudo treze circuitos, doze em Loures e um de recolha lateral em Sintra. Para além da determinação de indicadores, com estes circuitos procurou-se avaliar a influência de duas variáveis, na produtividade dos mesmos: tipo de material a recolher e tipo de sistema de remoção contentor/viatura.

Foi também acordado com estas entidades um plano e um cronograma, e solicitado o seu apoio, para a realização de campanhas de monitorização aos circuitos seleccionados, campanhas com as quais se pertenceu medir os diversos parâmetros necessários ao cálculo dos indicadores seleccionados.

Estas campanhas, que decorreram de 18 a 30 de Junho de 2007, no concelho de Loures, e de 10 a 14 de Julho de 2007, no concelho de Sintra, permitiram a recolha de dados relativos à monitorização de 652 pontos de recolha e de 112 folhas de registo dos circuitos.

Quanto aos indicadores operacionais dos circuitos de recolha selectiva de RSU, relativamente aos três tipos de materiais, vidro, embalagens e papel/cartão os resultados permitem as seguintes observações e conclusões:

1. Vidro

1.1. De todos os circuitos analisados, o circuito 320 de recolha lateral, com contentores de 2400 L é o que apresenta maior capacidade instalada em termos de volume de contentorização (cerca de $290,4 \text{ m}^3$), sendo também, o que consegue recolher maiores quantidades de RSU por dia de recolha (cerca de 11500 kg); em contraste, com o circuito BBP09 porta-a-porta, com cestos de 35 L, é o que apresenta a segunda menor capacidade instalada ($76,1 \text{ m}^3$) e recolhe a menor quantidade de RSU por dia de circuito (cerca de 563 kg).

1.2. Considerando um peso específico para o vidro em contentor de 200 kg/m^3 , o factor de utilização dos contentores dos circuitos analisados é muito baixo,

entre 5,8 e 31,9%; como na maior parte dos casos a recolha efectua-se uma vez por semana estes valores poderão ser um indicador de que a capacidade de contentorização não se encontra adequada;

- 1.3. O tempo total por circuito mais elevado verifica-se para o circuito VEG01 colectivo, com contentores de 2500 L, uma vez que este apresenta uma das maiores distâncias efectivas de recolha e da garagem e para a garagem, e a maior distância de transporte. Este facto pode ser devido ao facto de ser um circuito muito extenso e que se realiza longe da garagem e do centro de triagem da Valorsul.

2. Embalagens

- 2.1. De todos os circuitos analisados, o circuito 320 de recolha lateral, com contentores de 2400 L é o que apresenta maior capacidade instalada em termos de volume de contentorização (cerca de 290,4 m³), sendo também, o que consegue recolher maiores quantidades de RSU por dia de recolha (cerca de 3660 kg); contrastando, com o circuito BBP09 porta-a-porta, com cestos de 35 L, que é o que apresenta a menor capacidade instalada (26,9 m³) e recolhe a menor quantidade de RSU por dia de circuito (cerca de 1043 kg).
- 2.2. Considerando um peso específico para as embalagens em contentor de 46,2 kg/m³, o factor de utilização dos contentores dos circuitos analisados é muito baixo, entre 22,9 e 84%, sendo os valores mais baixos para os circuitos com capacidade de contentorização instalada mais elevadas.
- 2.3. O tempo total por circuito mais elevado verifica-se para o circuito EEG06 colectivo, com contentores de 2500 L, uma vez que este apresenta o maior tempo efectivo de recolha e uma das maiores distâncias da garagem e para a garagem.

3. Papel/Cartão

- 3.1. De todos os circuitos analisados, o circuito 320 de recolha lateral, com contentores de 2400 L é o que apresenta maior capacidade instalada em termos de volume de contentorização (cerca de 290,4 m³), sendo o segundo circuito a recolher maiores quantidades de RSU por dia de recolha (cerca de 5460 kg); em oposição, ao circuito PBP05 porta-a-porta, com cestos de 35 L, que é o que apresenta a menor capacidade instalada (19,2 m³) e recolhe a menor quantidade de RSU por dia de circuito (cerca de 1877 kg).
- 3.2. Considerando um peso específico para o papel/cartão em contentor de 48,1 kg/m³, o factor de utilização dos contentores dos circuitos analisados é muito

variado, entre 202,7 a 39,1%, sendo os valores mais baixos para os circuitos com capacidade de contentorização instalada mais elevadas.

3.3. O tempo total por circuito mais elevado verifica-se para o circuito VEG01 colectivo, com contentores de 2500 L, uma vez que este apresenta um o

De forma resumida, é possível concluir o seguinte:

1. O circuito 320 de recolha lateral, com contentores de 2400 L é sem dúvida o que apresenta a maior capacidade de contentorização instalada e uma das maiores quantidades de RSU recolhidos por dia de recolha; ao contrário dos circuitos porta-a-porta, com cestos de 35 L, que possuem as menores capacidades de contentorização e quantidades de RSU recolhidos por dia de recolha.
2. É para o papel/cartão que se verificam os valores mais elevados de utilização dos contentores. Sendo a média do factor de utilização dos contentores para este material de 89,6%, seguido das embalagens com uma média de 49,9% e finalmente o vidro com 18,9%.
3. São os circuitos com contentores de grande capacidade, o da recolha lateral e o dos cycleas, os que consomem mais combustível (mais de 65 litros/100km), o que se relaciona com a maior mecanização de todo o sistema de recolha dos contentores;
4. O tempo total por circuito mais elevado verifica-se para o circuito VEG01 colectivo, com contentores de 2500 L, uma vez que este apresenta uma das maiores distâncias efectivas de recolha e da garagem e para a garagem, e a maior distância de transporte.
5. A análise dos valores médios da distribuição dos tempos gastos por circuito, permite concluir que na recolha selectiva de RSU, em média 76% do tempo total do circuito é gasto na recolha efectiva, 7% no transporte, 3% no local de deposição e 14% no trajecto da garagem ao circuito e no regresso do local de deposição à garagem.

Relativamente à avaliação da influência das variáveis operacionais sobre a produtividade dos circuitos seleccionados, as principais observações e conclusões, são as seguintes:

1. O tipo de material a recolher tem uma grande influência na produtividade dos circuitos. É possível afirmar que circuitos de recolha de vidro são os mais produtivos, seguido os do papel/cartão e no final os das embalagens, facto que se encontra relacionado com o elevado peso específico deste material comparativamente aos restantes.

2. O tipo de remoção contentor/viatura tem uma grande influência na produtividade dos circuitos; circuitos de recolha porta-a-porta, com muitos pontos de recolha e contentores com menor volume, são menos produtivos e que dentro dos circuitos de recolha colectiva, os circuitos de grandes dimensões são os mais produtivos, em especial o circuito de recolha lateral de Sintra que se revelou como mais eficiente, no entanto o maior consumidor de combustível.

5.2 LIMITAÇÕES E LINHAS FUTURAS DE PESQUISA

Este trabalho foi planeado de forma a atingir os objectivos propostos, com os recursos e meios disponíveis, e precaver eventuais erros metodológicos. No entanto, não foi possível evitar alguns imprevistos, como avaria de viaturas durante o acompanhamento de circuitos e trocas de horário de recolha, que foram oportunamente resolvidos de forma a não comprometer o estudo.

Poder-se-á ainda ter verificado uma alteração no comportamento das equipas de recolha por se sentirem observadas durante as campanhas de monitorização dos circuitos, facto que foi atenuando com o decorrer do tempo e o contacto com os cantoneiros.

A quantidade de informação a processar, bem como o desgaste e cansaço durante os períodos de monitorização dos circuitos, foram as principais dificuldades sentidas na realização deste trabalho.

Devido às condicionantes de tempo, recursos humanos e de transporte, necessários para o acompanhamento das viaturas de recolha, não foi possível realizar um trabalho mais profundo, que permitisse um melhor conhecimento dos circuitos, trajectos, problemas e hábitos da equipa de recolha na realização dos mesmos.

A realização de futuras pesquisas nesta área, com mais meios e mais tempo, tendo como orientação este estudo será uma mais-valia nesta área. Será importante o desenvolvimento de indicadores melhor adaptados aos circuitos de recolha selectiva de RSU que permitam uma boa análise dos circuitos e consequentemente conclusões bem fundamentadas.

6. BIBLIOGRAFIA

Antunes, P. (1999). *Indicadores de desempenho de sistemas de gestão de resíduos*. In G. Martinho, L. Vasconcelos, S. Caeiro, I. Baptista (Editores), *Actas do workshop: a componente socio-económica na gestão dos resíduos*. APEA, Padrão dos Descobrimentos, Lisboa, 8 e 9 de Abril de 1999.

Antunes, P. e Videira, N. (2006). *Indicadores e Índices*. Site da Disciplina de Gestão Ambiental, da Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Ano lectivo de 2006/2007.

<http://moodle.fct.unl.pt/mod/resource/view.php?id=58221>.

Bilitewski, B.; Haerdtle, G.; Marek, K. (1996). *Waste management*, Springer-Verlag. Berlin.

DoE (1991). *Waste Management Paper N° 28*. Recycling. A Memorandum Providing Guidance to Local Authorities on Recycling. Department of The Environment. Waste Technical Division, HMSO, London.

HPEM Sintra (2009). *Introdução*. HPEM – Higiene Pública, Empresa Municipal. <http://www.hpem.pt/>, (consultado em Agosto 2009).

IRAR (2009). *Legislação*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. www.irar.pt (consultado em Agosto de 2009).

ISO 14031 (1996). *International Standard ISO 14031. Environmental Management – Environmental Performance Evaluation - Guidelines*. ISO 14031:1996(E).

Karagiannidis, A.; Moussiopoulos, N. (1999). *A model generating framework for regional waste management taking local peculiarities flexibly into account*. Water, Air, & Soil Pollution: Focus, November 2004. Pp. 397-409

Levy, J. Q. e Artur Cabeças, A. J. (2006). *Resíduos Sólidos e Urbanos - Princípios e Processos*. AEPSA - Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente.

LIPOR (2009). *Reciclagem Multimaterial*, LIPOR – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto.

<http://www.lipor.pt/default.asp?SqlPage=pgRMulti&cor=4>, (consultado em Agosto de 2009).

Martinho, M. G. (2005a). *Gestão de Resíduos Sólidos. Módulo III – Sistemas de Recolha e Transporte de Resíduos*. Textos de apoio à Disciplina de Gestão de Resíduos Sólidos da Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Martinho, M. G. (2005b). *Gestão de Resíduos Sólidos. Módulo V – Reciclagem material*. Textos de apoio à Disciplina de Gestão de Resíduos Sólidos da Licenciatura em Engenharia do Ambiente, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Martinho, M. G.; Gonçalves, M. G. (2000). *Gestão de resíduos*. Universidade Aberta.

Martinho, M. G. (1998). *Factores determinantes para os comportamentos de reciclagem. Caso de estudo: sistema de vidrões*. Dissertação apresentada para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia do Ambiente, especialidade Sistemas Sociais. Universidade Nova de Lisboa.

Moreira, A. R. (2008). *Análise de circuitos de recolha de RSU indiferenciados e avaliação da influência de variáveis operacionais na produtividade dos circuitos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, perfil Engenharia Sanitária, apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Pinela, A. I. (2009). *Optimização de percursos de recolha selectiva*. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Sistemas de Informação Geográfica. Instituto Superior Técnico/Universidade Técnica de Lisboa.

Rogoff, M. J.; Williams, J.F. (1994) - *Approaches to Implementing Solid Waste Recycling Facilities*. Noyes Publications.

SMAS Loures (2009). *Resíduos Sólidos, Serviços Municipalizados de Loures*. <http://www.smas-loures.pt/>, (consultado em Agosto 2009).

SPV (2009a). *O que é a Sociedade Ponto Verde: missão e valores*. Sociedade Ponto Verde, Disponível em <http://www.pontoverde.pt>, (consultado em Agosto de 2009).

SPV (2009b). *Sociedade Ponto Verde: comunicação*. Sociedade Ponto Verde, Disponível em <http://www.pontoverde.pt>, (consultado em Agosto de 2009).

SPV (2009c). *O que é a Sociedade Ponto Verde: SIGRE*, Disponível em <http://www.pontoverde.pt>, (consultado em Setembro de 2008).

Tchobanoglous, G.; Theisen, H.; Vigil, S. A. (1997). *Integrated Solid Waste Management. Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill International Editions.

The Kindred Association (1994). *A Pratical Recycling Handbook*. Thomas Telford, Ltd., London.

Tratolixo (2008). *Aspectos gerais sobre a Tratolixo*, Empresa Intermunicipal de Tratamento de Resíduos Sólidos. http://www.tratolixo.pt/PT/?page_id=2, (consultado em Novembro 2008).

Valorsul (2009). *Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos e Aterro Sanitário*, Portal de Ambiente da Valorsul. <http://www.valorsul.pt/>, (consultado em Setembro de 2009).

Waite, R. (1995). *Household waste recycling*. Earthscan Publications Ltd. London.

ANEXOS

ANEXO I
Apresentação do estudo aos SMAS de Loures

Monitorização de circuitos de recolha selectiva

Cristina Bravo Gomes

Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia,

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente Especialização Eng. Sanitária

Campus, de FCT/UNL, Ed. Departamental, 4º piso, Quinta da Torre, 2829-516 Caparica, Portugal

1. Objectivos Gerais

Determinação de indicadores de recolha de resíduos multimateriais e avaliação da influência de determinadas variáveis na produtividade dos circuitos de recolha selectiva.

2. Objectivos específicos

Os factores, ou variáveis, que poderão influenciar os indicadores de produtividade de um determinado circuito de recolha de resíduos são muitos e de diferente natureza, sendo praticamente impossível avaliar todos, face ao tempo e recursos humanos e financeiros disponíveis. Assim, e após uma análise e levantamento sobre as principais características dos circuitos de recolha de resíduos multimateriais existentes no município de Loures, seleccionaram-se, como variáveis a analisar, as seguintes:

1. Tipo de sistema de recolha contentor/viatura – recolha de cestos de 35L, contentores de 90L, 120L, 240L, 1100L, Cycleas, em viaturas com recolha posterior com placa, viaturas com recolha lateral e posterior com placa, viaturas com grua;
2. Tipo de material a recolher – papel e cartão, embalagens ou vidro;

A este conjunto de 2 variáveis, correspondem os seguintes 2 objectivos específicos:

Objectivo 1 – Comparação de indicadores de produtividade relativos a circuitos com diferentes sistemas de recolha contentor/viatura;

Objectivo 2 – Comparação de indicadores de produtividade relativos a circuitos com diferentes tipos de materiais a recolher.

Metodologia e procedimentos

Seleccção dos circuitos a monitorizar

De forma a ser possível avaliar a influência das variáveis seleccionadas nos indicadores de produtividade a determinar, é importante que os circuitos a monitorizar sejam o mais semelhante possível entre si, diferindo apenas em relação à variável a analisar. Não se conseguiu em todos os casos assegurar esta condição, no entanto tentou-se minimizar estas situações.

De forma a cumprir os objectivos pretendidos foram seleccionados os 14 circuitos indicados na tabela seguinte.

		Vidro	Embalagem	Papel
Bifluxo	Recolha posterior e lateral c/ placa	BBP03	BBP03	
		BBP09	BBP09	
Monofluxo	Cestos			PBP05
Monofluxo	C/ placa (pequenos)	VAP01	EAP01	PAP01
Monofluxo	C/ placa (grandes)	VEP01	EEP07	PEP08
Grua	2500	VEG01	EEG06	PEG09

Assim será possível efectuar uma comparação entre recolhas do mesmo material com diferentes contentores/viaturas, e entre recolhas de materiais diferentes com o mesmo tipo de contentores/viaturas.

Período de monitorização e variáveis a monitorizar

O período a abranger pelas monitorizações vai de **18 a 29 de Junho**.

Durante este período, nos circuitos **BBP03**, **BBP09** e **PBP05**, solicita-se aos motoristas que indiquem o número de cestos removidos na folha de serviço e nos circuitos **VAP01**, **VEP01**, **VEG01**, que indiquem o ponto de recolha onde terminou o primeiro frete, no caso de haver um segundo. Pede-se igualmente, que em todos os circuitos sejam registadas na folha de serviço as condições dos contentores (no caso de estarem danificados), condições de trânsito, acidentes/avarias e tempo de intervalo para café ou almoço.

Para além desta informação solicita-se a folha de serviço dos circuitos e as quantidades de resíduos descarregadas em cada um dos fretes na Valorsul.

Durante este período serão igualmente realizadas monitorizações específicas aos circuitos seleccionados, a efectuar pela equipa da FCT/UNL, de acordo com organigrama apresentado em baixo.

Nos dias seleccionados, a equipa da FCT/UNL, seguirá a viatura de recolha, em carro próprio, de forma a registar os tempos de recolha em cada um dos pontos do circuito.

A informação registada pelos motoristas e a informação recolhida pela equipa da FCT/UNL permitirá a determinação de um conjunto de indicadores de produtividade do circuito e possibilitará a comparação entre eles, de acordo com os objectivos enunciados.

Organograma das campanhas de monitorização

			Circuitos											
			BBP03	BBP09	VAP01	VEP01	VEG01	EAP01	EEP07	EEG06	PBP05	PAP01	PEP08	PEG09
Datas			Noct.	Noct.	Noct.	Diurno	Diurno	Noct.	Diurno	Diurno	Noct.	Noct.	Diurno	Diurno
	18	Segunda							●	20			●	
	19	Terça	20			20								●
	20	Quarta			20			●			20	●		
	21	Quinta		20			20						●	
	22	Sexta												●
	23	Sábado												
	24	Domingo												
	25	Segunda							20	●			●	
	26	Terça	●											●
	27	Quarta			●			20			●	20		
	28	Quinta		●									20	
	29	Sexta												20
	30	Sábado												
	1	Domingo												
Nº pontos recolha			20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
●	Monitorização a efectuar pela equipa de recolha													
20	Monitorização a efectuar pela equipa da FCT/UNL (nº de pontos de recolha a registar/acompanhar)													

ANEXO II

Folha de Registo da equipa FCT/UNL para os SMAS de Loures

Boletim de Registo: Monitorização dos circuitos de recolha selectiva			
Circuito n°:	Viatura:		Data:
Motorista:		Equipa:	
	n° contentores por ponto de recolha	Horas	Observações: relatar situação dos contentores
Entrada ao serviço			
Saída com a viatura			
Chegada ao 1º ponto de recolha			
Tempo de recolha do 1º ponto			
Tempo de recolha do 2º ponto			
Tempo de recolha do 3º ponto			
Tempo de recolha do 4º ponto			
Tempo de recolha do 5º ponto			
Tempo de recolha do 6º ponto			
Tempo de recolha do 7º ponto			
Tempo de recolha do 8º ponto			
Tempo de recolha do 9º ponto			
Tempo de recolha do 10º ponto			
Tempo de recolha do 11º ponto			
Tempo de recolha do 12º ponto			
Tempo de recolha do 13º ponto			
Tempo de recolha do 14º ponto			
Tempo de recolha do 15º ponto			
Tempo de recolha do 16º ponto			
Tempo de recolha do 17º ponto			
Tempo de recolha do 18º ponto			
Tempo de recolha do 19º ponto			
Tempo de recolha do 20º ponto			
Tempo de recolha do 21º ponto			

[illegible]

ANEXO III

Folha de Serviço dos SMAS de Loures

FOLHA DE SERVIÇO
RECOLHA SELECTIVA

Data:	8/8/7	Equip:	Motocicleta	Frete
Refª veículo:	375	Cantoneiro:	Luis Lopes	
Circuito:	EEGUS	Cantoneiro:		

1º FRETE	Local de saída	7 caso	Hora de saída	8h	Quilometragem	191776
	Hora de chegada ao 1º contentor		8,30	Quilometragem	191791	
	Hora de chegada ao último contentor		11,20	Quilometragem	191864	
	Peso de:		Hora de:			
	PAPEL		Entrada no aterro	14,30	Quilometragem	191845
	VIDRO		Saída do aterro	14,40	Quilometragem	191866
	EMBALAGENS	X				
2º FRETE	Hora de chegada ao 1º contentor			Quilometragem		
	Hora de chegada ao último contentor			Quilometragem		
	Peso de:		Hora de:			
	PAPEL		Entrada no aterro		Quilometragem	
	VIDRO		Saída do aterro		Quilometragem	
	EMBALAGENS					
Local de chegada		7 caso	Hora de chegada	15,00	Quilometragem	191961
OBSERVAÇÕES:						
O RESPONSÁVEL DA EQUIPA:						
Luis Lopes						

ANEXO IV

Folha de Registo da equipa da FCT/UNL para a HPEM de Sintra

[illegible]

5	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA CAMPOS MONTEIRO, AO Nº 15	1	RL2400P	
6	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA CAMPOS MONTEIRO, AO Nº 2	1	RL2400P	
7	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA VIANA DA MOTA, AO Nº 12	1	RL2400P	
8	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA VASCO SANTANA, AO Nº 7	1	RL2400P	
9	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA NUNO GONÇALVES	1	RL2400P	
10	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA DR. JOÃO DE BARROS, AO Nº 33	1	RL2400P	
11	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA JOÃO DE BARROS, AO Nº 50	1	RL2400P	
12	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA JOÃO DE BARROS - FRENTE COLÉGIO AFONSO V	1	RL2400P	
13	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	EST. MEM MARTINS, AO CENTRO COM. GALAXIA	1	RL2400P	
14	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	AVª GAGO COUTINHO (AO PARQUE INFANTIL)	1	RL2400P	
15	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA MOUSINHO DE ALBUQUERQUE, Nº 5	1	RL2400P	
16	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA MALVA ROSA (CRUZ. RUA ROQUE GAMEIRO)	1	RL2400P	
17	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	AVª GAGO COUTINHO (PRAC. IVENS)	1	RL2400P	
18	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	AVª GAGO COUTINHO (PRAC. CALDAS XAVIER)	1	RL2400P	
19	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	AVª GAGO COUTINHO (PRAC. PAIVA COUCEIRO)	1	RL2400P	
20	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA FRANCISCO SÁ CARNEIRO, AO LOTE - 31	1	RL2400P	
21	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA FRANCISCO SÁ CARNEIRO, AO POSTO DA EDP	1	RL2400P	
22	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	PRAC. DR. SIMPLICIO DOS SANTOS	1	RL2400P	
23	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA JOSE BRANDÃO DE ALMEIDA, 7	1	RL2400P	
24	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA JOSE AFONSO, À ROTUNDA	1	RL2400P	
25	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA NUNO RODRIGUES DOS SANTOS, LOTE C -12	1	RL2400P	
26	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA ADELINO AMARO DA COSTA, LOTE C-4 - Nº 2	1	RL2400P	
27	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA JOSE AFONSO, LOTE 3 A	1	RL2400P	
28	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA ADELINO AMARO DA COSTA, LOTE B-8	1	RL2400P	
29	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA ADELINO AMARO DA COSTA, LOTE 3	1	RL2400P	

30	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	RUA CARLOS MOTA PINTO	1	RL2400P	
31	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	AVª GAGO COUTINHO (PRAC. MARTIRES DE TIMOR)	1	RL2400P	
32	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	BAIRRO OURESSA	AVª GAGO COUTINHO (AO Nº 13)	1	RL2400P	
33	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA ABADE FARIA, AO Nº 48	1	RL2400P	
34	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA ABADE FARIA, AO Nº 29	1	RL2400P	
35	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA ABADE FARIA, FRENTE À FARMACIA	1	RL2400P	
36	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA SACADURA CABRAL, AO Nº 33	1	RL2400P	
37	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª DOM JOÃO II - FRENTE AO Nº 40	1	RL2400P	
38	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA DIOGO CÃO - FRENTE AO Nº 65	1	RL2400P	
39	RIO DE MOURO	RINCHOA	CALÇADA DA RINCHOA - PARAGEM RODOVIÁRIA	1	RL2400P	
40	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DAS CAMELIAS - CAIXA DA EDP	1	RL2400P	
41	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DAS CAMELIAS - ESTACIONAMENTO	1	RL2400P	
42	RIO DE MOURO	RINCHOA	CALÇADA DA RINCHOA (ESTAÇÃO DA CP)	1	RL2400P	
43	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DA CHOU PANINHA - CAIXA G. DEPOSITOS	1	RL2400P	
44	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DA CAPELA	1	RL2400P	
45	RIO DE MOURO	RINCHOA	CALÇADA DA RINCHOA - IGRJA EVANGELICA	1	RL2400P	
46	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DA CAPELA - DEPOSITO DE GAZ	1	RL2400P	
47	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DO VALE - FRENTE AO ° 10	1	RL2400P	
48	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA CASAL DA SERRA - JARDIM	1	RL2400P	
49	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA MARQUES DE POMBAL	1	RL2400P	
50	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DO CANAVIAL - CRUZAMENTO	1	RL2400P	
51	RIO DE MOURO	RINCHOA	ESTRADA MARQUES DE POMBAL - CLINICA DE FITARES	1	RL2400P	
52	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA CASAL DA SERRA - FRENTE AO TALHO	1	RL2400P	
53	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DO ALECRIM - CABINE DA EDP	1	RL2400P	
54	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DO ALECRIM	1	RL2400P	

55	RIO DE MOURO	RINCHOA	ESTRADA MARQUES DE POMBAL - CRUZAMENTO	1	RL2400P	
56	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA MADRE SILVA - CAFÉ AGUIAS	1	RL2400P	
57	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DAS GIESTAS - FRENTE AO LOTE 20	1	RL2400P	
58	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DAS GIESTAS - FRENTE AO Nº 2	1	RL2400P	
59	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DO ALECRIM - FRENTE AO Nº 27	1	RL2400P	
60	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DO ALECRIM - RUA SEM SAIDA	1	RL2400P	
61	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA CASAL DA SERRA - FRENTE AO 15 -A	1	RL2400P	
61	RIO DE MOURO	RINCHOA	RUA DOS MALAPADOS - CAFÉ RUMBAZUL	1	RL2400P	
63	RIO DE MOURO	RINCHOA	CALÇADA DA RINCHOA - POLISUPER	1	RL2400P	
64	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA FRANCISCO COSTA - FRENTE AO LOTE 6	1	RL2400P	
65	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA FRANCISCO COSTA	1	RL2400P	
66	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª PEDRO NUNES - FRENTE ESC. SECUNDARIA	1	RL2400P	
67	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª GIL EANES - FRENTE CAMPO FUTEBOL	1	RL2400P	
68	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	MERCADO MUNICIPAL DE RIO DE MOURO	1	RL2400P	
69	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª GIL EANES - FRENTE AO MERCADO	1	RL2400P	
70	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA GAGO COUTINHO - FRENTE AO Nº 42	1	RL2400P	
71	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA GAGO COUTINHO - FRENTE À ESTALAGEM	1	RL2400P	
72	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª GAGO COUTINHO - FRENTE LOTE 88	1	RL2400P	
73	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª PADRE ALBERTO NETO - FRENTE J.FREG	1	RL2400P	
74	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª PADRE ALBERTO NETO - FRENTE LOTE 11	1	RL2400P	
75	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª PADRE ALBERTO NETO - FRENTE LOTE 92	1	RL2400P	
76	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª GAGO COUTINHO - FRENTE LOTE 51	1	RL2400P	
77	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª GAGO COUTINHO - FRENTE ESTAÇÃO CP	1	RL2400P	
78	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA JORGE CASTILHO - RUA SEM SAIDA	1	RL2400P	
79	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA JORGE CASTILHO - FRENTE PARQ. INFANTIL	1	RL2400P	

80	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª DOM JOÃO II - FRENTE AO Nº 11	1	RL2400P	
81	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA BARTOLOMEU DIAS - FRENTE AO Nº 1	1	RL2400P	
82	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	AVª INFANTE DOM HENRIQUE - FRENTE AO Nº 68	1	RL2400P	
83	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	PRACETA ANTONIO ALEIXO	1	RL2400P	
84	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA DO SOL - FRENTE AO Nº 10	1	RL2400P	
85	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA VASCO DA GAMA - FRENTE AO 29	1	RL2400P	
86	RIO DE MOURO	RIO DE MOURO	RUA VASCO DA GAMA - FRENTE A ESC. PRIMARIA	1	RL2400P	
87	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA DA PRESA - FRENTE AO Nº 6	1	RL2400P	
88	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA DOS PENEDOS GORDOS - ESCOLA PRIMÁRIA	1	RL2400P	
89	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA DA PRESA - FRENTE AO Nº 3	1	RL2400P	
90	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª FERNANDO PESSOA	1	RL2400P	
91	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA AQUILINO RIBEIRO - FRENTE ÀS GARAGENS	1	RL2400P	
92	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA BARBOSA DO BUCAGE - FRENTE AO LOTE 51	1	RL2400P	
93	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA JORGE DE SENNA - FRENTE AO LOTE 7	1	RL2400P	
94	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA FERREIRA DE CASTRO - DESCAMPADO	1	RL2400P	
95	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA BARBOSA DO BUCAGE - FRENTE AO LOTE 10	1	RL2400P	
95	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA PÉ DA SERRA - FRENTE AO LOTE 3	1	RL2400P	
97	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª MARIA LAMAS - FRENTE AO LOTE 41	1	RL2400P	
98	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª MARIA LAMAS - FRENTE AO LOTE 70	1	RL2400P	
99	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª MARIA LAMAS - FRENTE AO LOTE 77	1	RL2400P	
100	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª JOÃO DE DEUS - FRENTE AO LOTE 23	1	RL2400P	
101	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA MÁRIO MADEIRA, AO Nº 38	1	RL2400P	
102	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA DR. CARLOS GOMES, AO Nº 3	1	RL2400P	
103	ALGUEIRÃO - M. MARTINS	MEM MARTINS	RUA JOÃO XXIII, AO Nº 19	1	RL2400P	
104	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª JOÃO DE DEUS - ESCOLAS	1	RL2400P	

105	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª JOÃO DE DEUS - FRENTE AO LOTE 76	1	RL2400P	
106	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª JOÃO DE DEUS - FRENTE AO LOTE 92	1	RL2400P	
107	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA VITORINO NEMESIO - MERCADO	1	RL2400P	
108	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª FERNANDO PESSOA - FRENTE AO LOTE 10	1	RL2400P	
109	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª VIA LACTEA (CABINE DA EDP)	1	RL2400P	
110	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA DO URANO - FRENTE AO LOTE 13	1	RL2400P	
111	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA DE VENUS - FRENTE AO LOTE 8	1	RL2400P	
112	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª VIA LACTEA - FRENTE AO LOTE 40	1	RL2400P	
113	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA PLANALTO MERCURIO - FRENTE AO LOTE 33	1	RL2400P	
114	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA AMERICO FARINHA - JARDIM	1	RL2400P	
115	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA DO FORTE - FRENTE AO LOTE - 22	1	RL2400P	
116	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA AMERICO FARINHA - À PRAC. DOS PINHEIROS	1	RL2400P	
117	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA AMÉRICO FARINHA - MERCADO	1	RL2400P	
118	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	AVª IRENE LISBOA - QUIOSQUE	1	RL2400P	
119	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA DAS MINAS - FRENTE AO JARDIM	1	RL2400P	
120	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA ANA CASTRO OSÓRIO - LAGAR MINHOTO	1	RL2400P	
121	RIO DE MOURO	SERRA DAS MINAS	RUA DE ANGOLA - FRENTE ÀS GARAGENS	1	RL2400P	